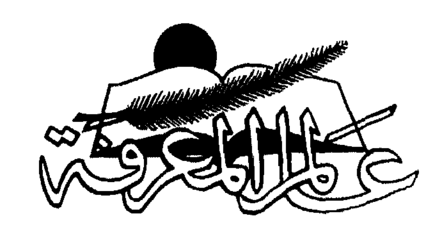



١٩١

سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب ـ الكويت

# النهاية

## الكوارث الكونيّة وأثرها في مسار الكون

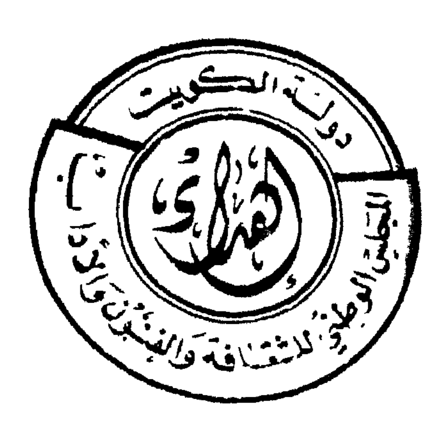
تأليف: فرانك كلوز

ترجمة: د. مصطفى إبراهيم فهمي

مراجعة: عبد السلام رضوان

جمادى الأولى ١٤١٥ هـ ـ نوفمبر / تشرين ثان ١٩٩٤ م

المراسلات
توجه باسم السيد الأمين العام للمجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب
فاكس: ٤٨٧٣٦٩٤، ص.ب: ٢٣٩٩٦ - الصفاة - الكويت 13100




العنوان الأصلي للكتاب :

**END**

Cosmic Catastrophe And
The Fate Of The Universe

by
Frank Close

First Published 1988,
Simon & Schuster, England

# المحتويات

# المحتويات

رقم الصفحة

# المحتويات

# المحتويات

رقم الصفحة

# مقدمة المترجم

في هذا الكتاب عـرض سلس لأهم الموضوعات التي تشغل الآن الكثيرين من الفيزيائيين الكونيين. والفيزياء الكونية علم حديث ظهر مع بدايات القرن العشرين، وهـو يبحث في الكون ككل سـواء في أجرامـه الضخمة الهائلـة من مجرات ونجوم وكواكب، أو في جسيماته المتناهية الصغر التي تتكون منها ذرات المادة. وقـد حـدث تقـدم هـائل في هـذا العلـم في النصف الثـاني من القـرن العشرين، خاصة بعد استكشاف مجاهل الفضاء بما أرسل فيه من سفن فضاء ومراصد عديدة مثل سفن فوياجير وبيونير ومرصد هابل الفضائي.

ونتيجة للمعلـومات الغـزيرة التـي توافرت هكـذا أخذت تـرسخ النظـرية السائدة عن أن الكـون قد بدأ بما يسمى الانفجار الكبير. ولكن إذا كـان هناك شبه اتفاق على نظرية بدء الكون، فكيف تكون نهايته؟

للإجابة عـن هذا السؤال يطوف بنا العالم فرانـك كلوز في رحلة واسعة عبر الفضاء والمجرات والشهب والنيازك والكويكبات والنجوم التي تتفجر، ونجوم السوبرنوفا، ثم يدخل بنا في رحلته إلى صميم قلب المادة حيث جسيمات الذرة من إلكترونات وبـروتونـات وغيرها. وهـو يعرض في هذه الـرحلة لأحـدث ما تم اكتشافه في هذه المجالات، ويبين الاحتمالات المختلفـة لحدوث كارثة كونية قد تبيـد الحياة على أرضنـا جزئيا أو كليـا كما قد يحدث مثـلا لو اصطـدم نيزك هائل أو كويكب بالأرض. أو أن النهاية قد تكون بانفجار الشمس وتحولها إلى نجم عملاق أحمر يلتهم كـواكب المنظومة الشمسية. أو لعل النهـاية أن تكون بتآكل مـادة الكون الأساسيـة نفسها أي ذراتـه أو بروتونـاته. ورغم أن احتمال

وقوع هذه الأحداث هو غالبا احتمال ضئيل، كما أنها قد لا تحدث إلا بعد زمن طويل بما قد يصل حسابه إلى بلايين السنين، فإنه من وجهة النظر العلمية الخالصة يظل احتمال وقوعها قائما. ومن الناس من يظن أن العلم قد وصل بالإنسان إلى قدرات غير محدودة، ولكن وجود هذا الاحتمال بوقوع كوارث كونية، مهما كان هذا الاحتمال ضئيلا، فإنه يبين أن كوننا هذا هو كون هش عرضة للزوال في لحظة، وأن قدراتنا العلمية رغم تزايدها مازالت بعيدة تماما عن السيطرة على الطبيعة سيطرة كاملة أو حتى شبه كاملة.

ومع ذلك فإننا ينبغي ألا نظل جالسين في سلبية، منشغلين فقط بحساب نسبة احتمالات الكوارث، مطمئنين لضآلة هذه الاحتمالات، وإنما يجب أن نأخذ هذه الأمور جديا وأن نبدأ في تدبير كيفية توقيها من الآن.

ومن الحلول المقترحة التي يعرضها الكتاب حل هو أقرب لأفكار روايات الخيال العلمي، ولكنه مبني على أساس علمي متين؛ وهذا الحل هو ليس أقل من أن يستعمر الإنسان الفضاء في الوقت المناسب لترك كوكب الأرض المهدد. ولكن هل سيكون إنسان مستعمرات الفضاء على شاكلة إنسان الأرض نفسه؟

ويتم عرض هذا كله بأسلوب شائق وبسيط قدر الإمكان بما يوضح للقارىء آخر ما وصلت إليه آفاق هذا العلم الحديث.

**د. مصطفى إبراهيم فهمي**

# الفصل الأول

# نهاية كل شيء . . متى؟

في معبد «براهما» ، فيما وراء زانادو، يقوم الكهنة بعدّ الأيام حتى نهاية الزمان .

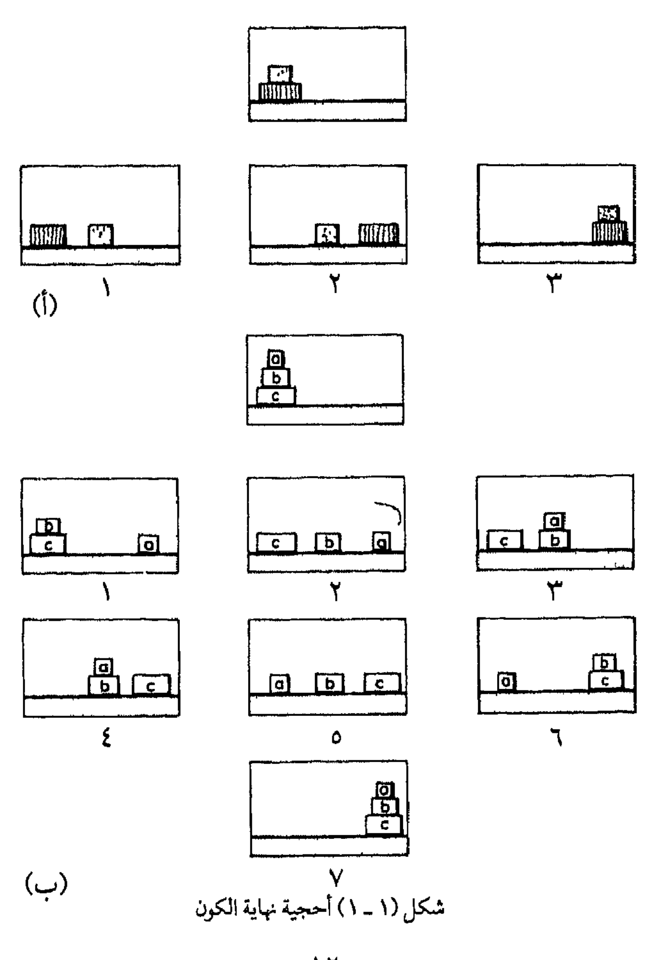
ويحتوي المعبد، طبقا للأسطورة، على ثلاثة أهرام مقدسة من الحجارة تمثل براهما الخالق وفشنو الحافظ ، وشيفا المهلك . وفي اليوم الأول خلق براهما العالم وبنى هرما واحدا من ٤٢ حجرا ، بحيث تكون أكبر الحجارة في أسفل .

وفي كل يوم عند الغروب ينقل الكهنة حجرا واحدا من براهما إلى فشنو، ومن فشنو لشيفا ، أو ربما مباشرة من براهما لشيفا . والقاعدة الوحيدة التي ينبغي مراعاتها في ذلك هي ألا يضعوا قط حجرا كبيرا فوق حجر صغير. وفي نهاية المطاف فإن كل الحجارة ـ ماعدا حجرا واحدا ـ سيكون قد تم نقلها من الخالق وخلال الحافظ إلى الكون المنتمي إلى المهلك . ومع أفول الشمس ونقل الحجر الأخير، تكون مهمة الكهنة قد اكتملت : لقد خلق براهما الكون وهاهو فشنو يفنيه الآن ، ولن تشرق الشمس قط مرة ثانية .

لو أن هذه الأسطورة كانت حقيقية ، فما مدة بقاء الكون : أو ما عدد حركات النقل التي ينبغي أن يقوم بها الكهنة؟

إن من السهل أن نرى أنه إذا كان هناك حجران فقط فإن حركات النقل التي تنجز المهمة هي في إجمالها ثلاث حركات . وإذا كان هناك ثلاث قطع من الحجر فإن إجمالي الحركات يصل إلى ما يزيد على الضعف ، أي إلى سبع حركات (الحل مبين في شكل ١ ـ ١) . ولعلك مهتم بمعرفة النتيجة لو كان

عدد الأحجار أربعة. إنها تستلزم ١٥ حركـة نقل. وكل حجر إضافي يزيد من عدد الحركـات المطلوبـة بما هو أكثر من الضعف. فمـن أجل نقل ٤٢ حجرا يجب أن يقـوم الكهنة بحـركـات نقل عددهـا يقل بـواحد عن حـاصل ضرب الاثنين في نفسها لاثنتين وأربعين مرة ($٢^{٤٢}$ ـ ١). ولما كان الكهنة ينقلون حجرا واحدا عند كل غروب فإن نقل الحجارة كلها سيستغرق منهم ما يزيد قليلا على ١٠ بلايين من الأعوام، وهذا هو عمر الكون ـ الآن!



شكل (١ ـ ١) أحجية نهاية الكون

إن عمر الكـون قد يمتـد إلى هذا الكم السحيق من السنـوات، لكن الشمس والأرض أصغر عمرا بكثير، إذ يقل قليلا عن ٥ بلايين من السنين. وبما أن الكهنة لم ينهوا سـوى نصف مهمتهم، إذن فـلا يزال أمامنـا نحن والشمس خمسـة بلايين عام لنفنى. والعلم الحديث يوافق على هذا التقدير لمستقبل الشمس.

وعلى ذلك فذات يوم بعد خمسة بـلايين من السنين من عصرنا هذا ستكون الشمس قد فنيت وفنينـا نحن معها أيضا. على أن العـوالم تنتهي بطرق كثيرة، وكلما زاد تقدم العلم ظهر المزيد ممن يتبارون في التنبؤ بنهاية الكون.

ورغم أن علماء الفلك على درايـة كبيرة بمجمـوعـات النجـوم، بل وحتى بالمجرات البعيدة فإن معرفتنا محدودة نسبيا بجيرتنا المباشرة، على أن هـذه الجيرة بعينها هي التي تشكل أعظم الأخطار في المدى القصير. فالسماء تتساقط منها على فترات دوريــة كتل من الصخــور، بـل وأجــزاء من كــواكب صغــرى (كـويكبـات) ومـذنبات، وتظل لـذلك آثـار من نـدوب تبقى شـاهـدا على ماحدث. وهنـاك اقتراحات طرحها بعض العلماء بأن انقراض الـديناصورات نهايات العصور الجيولوجية قد تكون شواهد على اصطدامات أحدثت كوارث في الماضي. تـرى كم من الـزمن يمكن أن يمـر قبل أن تسقط صخـرة أخـرى خارجة عن جماعتهـا، أو صخرة من الضخامة بما يكفي لتـدمير منطقة واسعة تشمل منشآت للطاقـة النووية؟ لقد أعطتنا كارثة تشيرنـوبل عام ١٩٨٦ لمحة مما يمكن أن يحدثه هذا الخطر الإضافي من تدمير للبيئة.

فإذا لم يتم فنـاؤنـا على أيـدي غـزاة مـن خـارج الأرض، أو بأيـدينـا نحن أنفسنـا، فإن استمـرار بقائنـا سيتطلب أن تبقى الشمس مستقـرة وبــلا تغيير بمثل ما تبـدو عليه الآن. والـواقع أن الشمس ليست بهذا الثبات الــذي يظنه الكثيرون. فنحن نعلـم الكثير الآن عــن طـريقــة عمل الشمـس بل وأصبح بإمكـاننا أن نمعـن النظر بـداخلهـا لنسبر قلبها النـووي الحراري؛ كما أصبح واضحا بـالنسبة لنا أن هناك أشيـاء غريبة تـدور في ذلك النجم الهائل الذي لم

نفهمـه حتى الآن بعد. وفي الجزء الثـاني من هـذا الكتـاب، سوف أركـز على علاقتنا بالشمس وأصف كيف أننـا نفهم جيدا، وكيف نحاول حل الأحاجي التي تم كشفها حديثا.

إن الشمس هي أقـرب نجم لنـا، ولكنها نجم واحـد فحسب من بـلايين النجوم في مجرتنا، ومجرتنا بـدورها هي مجرة واحدة من عدد لا يحصى من الجزر المماثلـة في الفضاء. وفي الجزء الثـالث من هذا الكتـاب سأصف كيف يمكن لهذه النجوم القصية أن تؤثر فينا.

في الوقت الذي ندور فيـه حول الشمس، فإن الشمس تجرنا أيضا في دورة هائلة حول مجرة درب التبانة. وليس كل مكان في لطف المكان الذي نوجد فيه حاليا. فسوف نلاقي سحبا من غبـار يمكن أن تؤثر في التوازن المناخي، وربما اقتربنـا أكثر ممـا ينبغي من نجـوم أخرى يمكن أن تثير الاضطـراب في مدارنـا فتخـرجنا من النطـاق الـذي يجعل الحيـاة مريحة بل وربما رمـت بنا إلى خـارج المنظومة الشمسية كلها.

كذلك ليست كل النجوم مستقرة مثل شمسنا. فالنجوم يمكن أن تنفجر، وهذا مايعرف بالسوبرنوفا. وفي عام ١٩٨٧ نصع أحدها كما تنصع مجرة بأسرها في السماوات الجنـوبية. وقـد وقع هذا الحدث الجائح منـذ مايقـرب من ١٧٠ ألف سنـة، ولكنه وقع على مسـافة بعيـدة جدا بحيث لم تصلنـا أخباره إلا في العام المذكور. كما أنـه كان بعيدا جدا بحيث لم يسبب لنـا أي ضرر، ولكن لو حدث انفجار «سوبرنوفا» قريبا منا فسوف يمزق جوّنا بدداً.

أمـا في الجزء الـرابع فسـوف ننظـر إلى الكـون ككل ونقيّم مستقبلـه. ومن خلال إعادة تصوير نوع الظروف الموجودة في أولى لحظات «الانفجار الكبير»، سنلم بما حدث عند بـدء الكون ونكون تصورا عن الطـريقة التي قد ينتهي بها

الكون كله : هل سيتمدد ويبرد؟ أم أنه بدلا من ذلك سيتقلص ويشوينا؟

وسوف نلقي نظرة أيضا على تكوين المادة، أي الخامة التي يبدو أن كل شيء في الكون المعروف لنا قد صنع منها. فنتخيل حالة التآكل المطلق حيث كل شيء على مدى البصر بما في ذلك ذرات أجسادنا ينهار في التو، أو يتبدل إلى شكل ما جديد. ورغم أن هذا قد يبدو عجيبا فإن الاكتشافات الحديثة في فيزياء الجسيمات توضح أنه احتمال ممكن. كما أن هناك بعض الإشارات إلى احتمال وجود «مادة غريبة» أكثر استقرارا منا نحن، ويمكن لها أن تدمرنا، نحن والأرض وكل شيء، إذا وصلت إلينا هنا بالتركيز الكافي. بل وهناك أيضا شواهد لا يستهان بها توحي بأن بنية الفضاء نفسه قد تكون غير مستقرة، وأن الكون كله قد ينزلق إلى الهاوية لو حدث لسوء الحظ تصادم مفجِّر في أحد مواضعه.

إن هذه الأفكار جديدة تماما، وما كنا لنستطيع تصورها تصورا جديا حتى قبل عشر سنوات. وهي على الأقل تجعلنا نعيد تفحص موقعنا داخل الكون، ونعيد التفكير فيما افترضناه من أنه سيكون دائما كما هو الآن.

إننا نعيش مرحلة حرجة من التاريخ. وفيما مضى كانت الشعوب البدائية تخشى العواصف والليل وتحيا بالخرافات. ثم جاء العلم ليعقلن الأشياء ويخلق لها نظاما، ووصل بنا إلى مرحلة تمكنّا معها من إنشاء نظريات عن بدء الكون واختبارها في المعمل. وأخذنا نحس بقدرة غير محدودة. وتنبهنا إلى أن ثمة مخاطر من خلق الإنسان ـ كالأسلحة الذرية، وصنوف الجراثيم المبيدة ـ يمكن أن تمسح وجودنا من فوق وجه الأرض، أما الكون فإنه يستمر أبدا.

على أننا لسنا جد واثقين من ذلك. فقد أصبحنا على وعي متزايد بنقط الضعف التي تجعلنا معرضين للخطر، إلا أننا لم نفعل حتى الآن إلا أقل القليل بهذا الشأن. ولربما أمكننا بالتخطيط أن نفر يوما من الأرض لنستعمر الفضاء.

فرغم كل شيء هاهو الطيران عبر المحيط قد أصبح أمرا شائعا بعد أن كان يعد حلما في زمن كولومبوس.

إن بعض العلماء يؤمنون بالمبدأ الإنساني ؛ أي أن ظهور البشرية على الأرض كان أمرا غير قابل للاحتمال بحيث يبدو وكأن الطبيعة قد تآمرت خصيصا لإحداثه. ويرى هؤلاء العلماء أن هناك علامات على أن الكون قد تم خلق الحياة فيه لتكون وسيلته إلى الخلود. وفي حدود معرفتنا فإننا نحن حاملو هذه المهمة. فإذا أمكننا تجنب الانقراض على المدى القصير، سواء كان انقراضا نحدثه نحن في أنفسنا أو يحدث لأسباب خارجية، لو تجنبنا هذا فلربما تكاثرنا في الفضاء إلى مستقبل غير محدود. ولعلنا سنكون عندها مشابهين قليلا لما نحن عليه الآن من لحم وعظام: ففي مجرد بليون سنة تطورت جزيئات بدائية إلى كائنات بشرية تستطيع تأمل الكون الذي تعيش فيه، فما الذي سوف تؤدي إليه بليون سنة أخرى؟

وأنا وأنت لم نمتلك حق الحياة، بل ورثناها بالمصادفة. والآن ومادمنا قد وُجدنا فيها فإن علينا مهمة القيام بالجزء الواجب علينا في مراحل تقدم الجنس البشري الهائلة. وإذا كان للكون أن يتجنب الفناء النهائي، فإن الحياة ـ ولعل هذا يعني حياتنا نحن هنا على الأرض ـ يجب أن تستمر. ولو استطعنا أن نتعلم كيف نعيش رغم إمكان الدمار النووي فسيكون علينا إذن أن نعالج تهديدات الفناء من المخاطر الطبيعية. وسوف أنهي الكتاب ببعض الأفكار التي تنبثق الآن عن كيفية التعامل مع هذه المخاطر، وعما يمكن أن يكون عليه مستقبل الحياة على المدى البعيد.

وحتى أبين للعلن أن هذه ليست مجرد تأملات كسولة، سأبدأ بمثال لكارثة قريبة وقعت في هذا القرن.

# الجزء الأول

# فناؤنا الخلفي

# الفصل الثاني

# لقاءات كونية عن قرب

فيما وراء جبال الأورال، إلى الشرق من موسكو بألف ميل، تقع منطقة واسعة لم تمس من المستنقعات والأنهار والغابات. وهي تمتد من البحر المتجمد شمالا إلى منغوليا جنوبا، ومن جبال الأورال إلى منشوريا، وهذه المنطقة التي يندر فيها السكان تفوق مساحتها مساحة كل غرب أوروبا، وهي غير معروفة للأغراب عنها فيما عدا قلة محدودة، وليس فيها إلا طرق قليلة ومدن أقل عددا، وفي معظم السنة يكون كل شيء فيها متدثرا بغطاء من الثلج. ولقد حدثت أمور غريبة في تلك المنطقة ومرت سنون عديدة قبل أن يسمع العالم عنها.

في القلب القصي من هذه القارة الموحشة يقع الوادي المكنون لنهر تنجوسكا. وها هنا يتراجع الثلج لأسابيع معدودة أثناء الصيف وترعى الرنة فيما بين أشجار الصنوبر التي لا نهاية لها. وداخل هذا المشهد الآمن، حدث ذات صباح من يونيو ١٩٠٨ أن انفجر أحد المذنبات الآتية من الفضاء الخارجي، وفي لحظة تم إفناء حيوانات الرنة والأشجار في دائرة من ثلاثين ميلا. وانفجرت كرة من الثلج مليئة بالحصى يبلغ وزنها عشرة أطنان، وقطرها أطول من ملعب كرة قدم، انفجرت في الجو بقوة انفجار تماثل عدة قنابل هيدروجينية، وأرسلت موجات تصادمية حول العالم كله. وألقت كمية من الغبار في طبقة الإستراتوسفير* بلغ من كثرتها أن استطارت ضوء الشمس من

* Stratosphere الاستراتوسفير طبقة الجو العليا التي تعلو طبقة التروبوسفير، وتمتد من ١١ أو ١٧ كيلو مترا إلى نحو ٥٥ كيلو مترا فوق سطح البحر.

الناحيـة المضيئة من الكرة الأرضيـة ليدور مبـاشرة إلى ظل الأرض . وفي لندن، على بعد مـايقرب من ربع المسـافة حـول الأرض، أي على بعد ٦ آلاف ميل، أصبحت سماء منتصف الليل مضيئة مثل المساء المبكـر. وأدرك كل إنسان أن ثمة شيئا غريبا قد حدث، ولكن ما هو، وأين حدث؟

وحتى اليوم، وبعد ثمانين عاما من وقوع هذا الحدث، لم يقم بزيارة المنطقة المدمرة إلا عدد محدود جدا من الغرباء . فلكي نرى ندوب الجراح هذه لابد من القيام بـرحلة هـائلة . وينبغي أن تختار بحـرص الزمن الذي تبـدأ فيه الـرحلة بحيث تصل إلى الموقع وتعود ثانية أثناء الصيف . ويمكنك أن تبدأ الرحلة من موسكـو في نهاية أبـريل مستخدما خط طيران داخليـا يتجه شرقـا . وإذ ترتفع الطـائرة مـرتجفـة إلى السماء يمكنـك أن تطل على الأرض لتحظى بمشهـدهـا وكأنك تطل من صاروخ. وليس في المكـان سوى بيوت قليلة متنـاثرة، وحتى هـذه سرعان مـا تختفي لتحل مكانها غـابات متصلـة. وليس ما يـدل على أن هناك بشرا يعيشـون فوق هـذا الكوكب سـوى وجود شريـط السكة الحديـدية الذي يمر عبر سيبيريا .

وعندمـا تصل إلى آسيا الـوسطى سيكون عليك أن تترك الـرفاهيـة النسبية لخطوط إيـروفلوت الجويـة لتنتقل إلى طائرة صغيرة من أجل رحلـة شاقـة فوق الجبال . . وربما اضطـر طيارك إلى أن ينتظر لما يصل إلى أسبـوعين حتى يصفو الجو بما يناسب أي طيران . وحتى بعد هذا فإن أقرب مسار جوي لا يزال يبعد بأميال كثيرة عن الموقع وبالتالي ينبغي عليك أن تستكمل الرحلة على الأقدام . وعليك أن تنظم مع طيـارك أن يسقط الطعـام بـالبراشـوت في مـواقع على الطريق. وتنـدفع المياه البيضـاء من خلال مضـايق ووديان ضيقـة منحدرة، وتتشبث الأشجـار بأسطح صخـرية شـديـدة الانحـدار. . ويستغرق عبـور المنطقة ثـلاثة أسـابيع إذا كان الصيف جافـا، أما إذا كـان الربيع مطيرا، فإن

الأنهار تفيض، وربما استغـرقت الرحلـة إلى داخل المنطقة قـرابة شهـرين (دع عنك رحلة العـودة). بل وحتى في المناطق المنبسطـة لن تكون الرحلـة سهلة. فهناك تمتد مستنقعات واسعة حيث البعوض لا ينقطع.. وأخيرا تصل إلى واد تملـؤه الأشجـار ـــ وادي نهر تنجـوسكـا. وقـد سمي النهـر على اسم شعب التنجوس، وهم مجموعـة عرقية صغيرة تعيش على اصطياد الـدببة والغزلان في الغـابات. وهم الـذين رأوا ذلك اليـوم الفـاجع عام ١٩٠٨ ثم رووا فيما بعـد ماحدث فيه.

وكـان أول عالم وصل هـو العـالم التشيكوسلـوفـاكي ليـونيد كـوليك وذلك في ١٩٢٧. وعند النقطة التـي تقع مباشرة أسفل الانفجار رأى هذا العـالم واديا طينيا واسعا وكأن آلاف البولـدوزرات قد محت الغابات لتعد لإرساء أسـاسات مدينة في حجم لندن. ومن حول هذا المشهد من الأرض الجرداء كانت هناك حلقة من بقايا أشجار متفحمة. وفيما وراء ذلك كانت الأشجار ترقد مبعثرة كأعواد الثقاب، وقد أسقطها إعصار صاخب، هو موجـة انفجار المذنب المتفجر. لقد تم تدمير الحياة بالكلية، وظل الأمر هكذا لأكثر من ربع القرن.

إن القفر الموحش في هذا الموقع يوائم تماما المتاعب الرهيبة التي يعانيها المرء في الوصول إليه. وهذا البعد القصي للمكان هو الذي أخفاه عن العالم، ليتركنا ونحن مرتاحون في جهلنا بقوى هذا الغزو الكوني. وليست هذه هي المرة الأولى التي يصل فيها غزو خـاطف من الفضاء الخارجي، كما أنها ليست فيما يحتمل المرة الأخيرة، بل هو أحدث غزو فحسب.

وتبين صـور سفن الفضاء كـوكب الأرض كجـوهـرة زرقاء إزاء خلفيـة من المخمل الأسود لفضـاء يبدو خـاويا. لكن هـذه الصورة لأرض صلبـة تندفع خلال خـواء خال هي صورة خـادعة. فنحن في رحلتنا حـول الشمس ـ وهي رحلة تقطع نصف بليون ميل في ثلاثين مليون ثانيـة ـ نكون مصحوبين بما يزيد

على ستة مـن الكواكب الأخـرى، وبأقمار مختلفة، وكـويكبات، ومـذنبات، وبالغبـار البركاني والغاز، والإشعاع النـووي، وجسيمات النيوترينو، والـرياح الشمسية، وغير ذلك مـن عجيب القطع والفتات، وكل هـذه الأشياء محددة تماما برحلتها الخاصة بها، ومساراتها تتشابك وتتقاطع ونحن في كل ثانية نندفع عبر ٢٠ ميلا من الفضاء، وإذا كان هناك أي شيء ينتظرنا من قبل أو يتجه إلى البقعة نفسها فسوف نصطدم به.

إن الأرض معرضة لخطر التصادم في كل لحظة. وثمة مايقرب من ألف طن من الحطام من خارج الأرض ترتطم كل يوم بطبقات الجو العليا. ومعظم هذه القطع تبلغ من الصغر أن الجو يحرقهـا لتتحول إلى رماد مخلفـة الذيول المألـوفة التي تعرف بالنجوم ذات الذيل. ولكن من الممكن في مدى زمني يبلغ ملايين السنين أن يحدث أن ترتطم بنا أشيـاء أكبر كثيرا من ذلك، وسيتواصل حدوث ذلك مرة في كل حين.

فالأشياء في حالة حركة دائمـة من حولنا في واقع الأمر، وثمة علامات على ذلك يمكن رؤيتهـا. فلتخـرج إلى الخلاء ذات ليلـة صـافيـة ولترفع بصرك إلى السماء. سـوف يصل إلى بصرك قمـر صنـاعي من صنع الإنســان: فأشعـة الشمس تتعلق به وتجعلـه مرئيـا، فيسطع لدقائق معـدودة، وهو يـدور حول الكـرة الأرضيـة، ثم مـا يلبث نجم ذو ذيـل أن ينـدفع فجأة مخلفـا ذيلـه عبر السماء، وما إن تدرك وجوده حتى يختفي.

هذان المنظران هما مما يحتمل جد الاحتمال أن تراهما إذا نظرت إلى السماء لمدة ساعة في ليلـة صافية بعيدا عن أضـواء المدينة. وأحيانا قـد يظهر مذنب (مثل المذنب هـالي في ١٩٨٦) ويظل مرئيـا بالعين المجردة لعـدة أسابيع بـأكملها. وإذا كنت تعيش في أقصى الشمال فقـد يسعدك الحظ بأن تـرى عـرضا لـوابل كوني، مثل الشفق القطبي الشمالي.

## مخاطر من صنع الإنسان

بلغ عدد الأقمار التي صنعها الإنسان حتى الآن عدة آلاف، كما أن هناك أقماراً صناعية كثيرة غير مسجلة تستخدم لأغراض عسكرية، وكل هذه الأقمار تدور في السماء. وفضلا عن ذلك هناك الكثير من «الخردة» محركات صواريخ خامدة، ومفاتيح ربط كان يستخدمها رواد الفضاء، وأجزاء هوت منفصلة عن الأقمار الصناعية. وتقوم الطبقة الجوية الرقيقة بكبح سرعة هذه الأشياء تدريجيا، وهي لا تلبث أن تتهاوى في النهاية، لتحترق عادة أثناء ذلك. وأحيانا يحدث خطأ ما، فإذا بأحد الأقمار الصناعية يقوم برحلةعودة قبل الأوان بما هو غير متوقع. والمناسبات التي من هذا النوع تجد فيها وسائل الإعلام العالمية خبرا مثيرا لمدة يوم أو يومين، في الوقت الذي يواصل فيه العلماء تحديد آخر ما يتوقعونه فيما يتعلق بموقع هبوط هذا القمر، أما العاملون في العلاقات العامة فإنهم يؤكدون لنا بكل حبور أن مصدر القوى النووية في القمر الصناعي لا يشكل أي تهديد حقيقي. وفي النهاية لا يلبث القمر أن يغوص في مكان قصي. وحسب قوانين الاحتمالات فإنه يصبح من غير المرجح إلى حد بعيد جدا أن شيئا يهبط من السماء عشوائيا ينتهي به الأمر إلى الهبوط فوق إحدى المدن. فكما نتذكر من رحلتنا إلى منطقة تنجوسكا القصية، فإنه وإن كان العالم يبدو لنا مزدحما بالسكان إلا أن مساحة «المنطقة غير المأهولة» تفوق بصورة هائلة مساحة المنطقة المأهولة.

وهذه المخاطر التي صنعها الإنسان يكون فيها أحيانا مايثير الانزعاج والارتباك، ولكن الأمر لا يتعدى ذلك إلا نادرا. أما «خردة» الطبيعة التي ترتطم بالأرض باستمرار فعددها يفوق إلى حد بالغ تلك المخاطر التي يصنعها الإنسان.

## خردة الطبيعة

أصغر أنواع هذه الخردة هو تلك القطع من الذرات التي تسقط كالمطر على طبقات الجو العليا.

وهي تنتج عن عمليات عنيفة تحدث في أعماق الفضاء، مثلما هي الحال عندما تنفجر النجوم. وتقذف قوى عنيفة هذه الأجزاء في الفضاء حيث يقع بعضها، نتيجة لاقترابه كثيرا من الأرض، في مصيدة الأقطاب المغناطيسية لكوكبنا فتنجذب إليه.

وقد أرسل العلماء بالونات إلى طبقات الجو العليا لتلاقي هذه الأشعة الكونية وتم تسجيل صور لها. وقد أمدتنا هذه الصور ببعض من أول الإشارات عن مدى قوة الطاقة الكامنة داخل النواة، والكثير من العلم النووي الحديث قد نشأ عن هذه الاكتشافات المبكرة. والقوى النووية قوى هائلة، فالجسيم الذري الواحد داخل شعاع كوني قد يحتوي على قدر من الطاقة يكفي لرفع إنسان لثلاثة سنتيمترات فوق الأرض.

وعندما تصطدم هذه الأشعة بطبقات الجو العليا تتبدد طاقتها حيث تقوم بتمزيق الذرات في الهواء فتنتج وابلا من جسيمات تحت ذرية هي أقل قوة. وتصل هذه في النهاية إلى الأرض كمطر لطيف، هو مما يهتم بأمره العلماء ولكنه ليس بخطر حقيقي على البشر، وإن كان التعرض له لزمن طويل على المرتفعات العالية، أو بالطيران على ارتفاع كبير، يزيد بسرعة من احتمال الإصابة بسرطان الجلد الناشيء عن هذا الإشعاع.

والشفق القطبي لا يراه الناس إلا عند خطوط العرض التي في أقصى الشمال أو أقصى الجنوب بالقرب من قطبي الأرض المغناطيسيين. وحتى إذا كنت لم تر هذا المشهد، فلعلك في وقت أو آخر رأيت نتائج اصطدامات أكبر نوعا آتية من خارج الأرض، إذ تصطدم بطبقات الجو العليا.

والشهب هي قطع من الغبار ناجمة عن مذنبات ماتت في الفضاء. وفي كل مرة يندفع فيها مذنب تجاه الشمس فإنه يفقد بعضا من ثلجه. وشيئا فشيئا يتم ذوبان كل المادة اللاحمة التي تجعل الحصى متماسكا، وهكذا تتطاير شظايا من الحجارة والصخر لتدور منفصلة حول المنظومة الشمسية بما يشبه حلقات زحل بمقياس أكبر. وتنتشر الأحجار الصغيرة حول المدار كله مكونة أسطوانة طويلة من الحطام. وعندما تمر الأرض من خلال واحدة من هذه فإننا نخبر وابلا من الشهب. ويندفع كوكبنا تجاه الحجارة المفردة بسرعة ٢٠ ميلا في الثانية، وتشد الجاذبية هذه الحجارة إلى الأرض ويحرقها احتكاكها بالريح لتستعر مبيضة بالحرارة. وهذا هو الذي يسبب الذيل اللامع أو «النجم ذا الذيل».

ويمكنك أن ترى واحدا أو اثنين منها في أي ليلة صافية عندما يصطدم كوكبنا بالقطع العشوائية التي في الفضاء. ونحن نمر من خلال إحدى «حلقات» الشمس عند النقطة نفسها عبر مدارنا السنوي، وفي تلك الليالي يمكنك أن ترى عشرات من الشهب كل ساعة. ففي أغسطس من كل عام نمر من خلال إحدى تلك الأنابيب الأسطوانية من الحطام، وتكون النتيجة وابلا من الشهب يسمى وابل «برسيدس» Perseidse. وثمة حلقات أخرى من الحطام تحيط بالشمس، وعندما نلاقيها بصفة منتظمة كل عام، فإن غلافنا الجوي يحرق بعضها لينتج وابلا من الشهب.

على أنه يحدث أحيانا أن تصمد بعض الأجزاء الأكبر حجما وتسقط إلى الأرض، وهي ما نسميها بالنيازك.

## النيازك: عملات صغيرة من السماء

سقوط أحجار من السماء ظاهرة سجلتها الكتابات الفلكية منذ آلاف السنين.

وعلى حين تبقى المذنبات عـادة عاليـة في السماء، ومرئيـة للجميع، فإن «النجوم» التي تهوي من السماء لا يراها إلا عـدد محدود من الناس، على أنها يمكن أن تكون مثيرة للرعب تماما. إنها تمثل الذروة في عرض من «الصوت والضوء».

وفي أول الأمر تظهر كتلـة متقدة في السماء، وهذا الذي نراه هـو هواء مضغوط في الأمـام زادت حرارتـه بفعل الاحتكـاك مع حـركة الصخـرة، ويمكن أن يكـون حجمه أكبر كثيرا من حجم الصخرة نفسها. وينصهـر سطح الصخرة، ويتطاير الشرر من الذيل، وتظل ذيـول الدخـان زمنا طويـلا بعد سقـوط الصخرة. ثم إن الصخـرة قـد تتفسخ وتسقط قطع قـاتمة لا تُـرى إلى الأرض بسرعـة ٢٠٠ متر في الثانية، أي بسرعـة طائرة نفاثة عند انقضـاضها بأنفها. وتحدث موجـة صدمة لها قعقعة وأصداء «مثل صوت مدافع ترعد في معركة».

وقد حدث ذات صبـاح من عام ١٩٧٢ أن اندفع نيـزك عبر السماء عند جبال روكي، وكان ساطعا بما يكفي لأن يجعله يبـدو ظاهرا في وضح النهار. والمشهد في هذه المنـاطق رائع الجمال يوفـر خلفية مثـالية لاستعراض الطبيعـة لقوتها الـرهيبة، مذكـرة إيانا بـالقوى البدائية التي شكلت كـوكبنا. هيا نـداوم التطلع . إن كرات النـار هذه وإن كـانت نـادرة إلا أنها ليست نادرة للـدرجـة التي تتصورهـا، فكل أسبوع، في المتوسط، توجد كرة أو كرتان ناريتان في مكان ما من الأرض. كما يصل إلى الأرض يوميا مابين ١٠ ـ ٢٠ من الكرات الأقل لمعانا.

وقد تتشكل النيازك من الحجر أو من كتـل من الحديد. وهي تختلف بوجه عام من حيث تركيبها الكيميائي والمعـدني عن صخور الأرض؛ ونتيجة لذلك فإن من السهل تعـرُّف نيـزك فوق الأرض حتى ولـو لم يكن أحـد قد رآه لحظـة سقـوطه. وتبين اختبـارات المعـامل بعض السمات المشتركة التي تـدل على أن بعض النيازك قد تكون أجـزاء من جرم واحد كبير، لعله في حجم الأرض، ثم أصـابه التفتت، وظلت بقـايـاه تـدور للأبـد حـول الشمس. وتقول إحـدى

النظريـات إن بعض الكويكبات قد تظهـر نتيجة لتحطم أحد الكـواكب بعد اصطدامـه بجرم كبير آخـر. وإذا كان هـذا حقيقيا فإنـه يجعلنا نـزداد انشغالا بفكرة أن الأرض قد يتم تدميرها على نحو مماثل.

ويمكن للنيازك الحديـدية أن تقـاوم صدمـة الارتطام بـالغلاف الجوي للأرض على حين تميل النيازك الحجريـة إلى التفتت. وإذا حدث الانفجار عند ارتفـاعات عـالية فإن الـوابل قد يصبـح هائلا. فخـلال عام ١٨٦٨ تهاوت في بولنـدا ١٠٠ ألف قطعة حجـرية في وابل واحـد. أما في ١٩١٢ فتهـاوى في هولبروك بأريـزونا وابل من ١٠ آلاف قطعـة، على حين تهاوى وابل من آلاف عديدة في الاتحاد السوفييتي في عـام ١٩٤٧. وعندما يكون الـوابل كبيرا فإن معظم القطع تكون أصغـر من قنبلـة عنقوديـة. كما يهبط الكثير من الغبـار وقـد يظهر كمسحـوق أسـود إذا سقط على أرض خـلاء مغطـاة بالثلج. وأكبر النيـازك الحجريـة المعروفـة هي تلك التي تهاوت في وابل من مـائة قطعـة فـوق كانسـاس في ١٩٤٨، وتضمنت قطعـة حجـر مخيفة وزنها طن واحد. وثمة نيازك ضخمة أخرى مسجلة بما فيها نيزك وزنه يزيـد على نصف طن في لونج أيـلاند بنيـويورك، وآخر وزنـه ثلث طن في فنلندا، وآخر من وزن مشابه في تشيكوسلوفاكيا.

إن هذه القطع تمثل بالتأكيد أجزاء كبيرة من صخور ارتطمت بدرع الغلاف الجوي للأرض الذي يعلو رؤوسنا بعشرات الأميال. والواقع أنها تعد تافهة عند مقارنتهـا بقطع الحديد الأكثر ضخـامة التي هـوت إلى الأرض. وأضخم هذه القطع كلهـا والتي مازالت تشـاهـد على سطح الأرض تزن ٦٠ طنـا، أي وزن عشرة من آلهة الدمار، وهي تجثم حيث هوت في مزرعـة بجنوب غرب أفريقيا. ويُقدر من الحطـام المحيط بالمنطقـة أن هذه القطعـة هي الجزء الأكبر من كتلة من الحديد كانت تزن ١٠٠ طن. وهذه القطع هي أكبر مايعرف على الأرض،

ولكن ليس هنـاك مـا يسجل وصـولها في الماضي السحيق. وفي وابل ١٩٤٨ بالاتحاد السوفييتي شوهدت بالفعل قطعة واحـدة وزنها طنان وهي تسقط إلى الأرض في عنف مذهل.

وتصطـدم النيازك بـالغلاف الجوي لـلأرض بسرعة تصل إلى ٥٠ ميـلا في الثـانية، ثم مـا تلبث مقـاومة الهواء أن تقلل من سرعتهـا. ويعتمـد مدى مـا تحدثه من ضرر على كميـة الطاقة الحركيـة المحتواة بـداخلها. وعندمـا يتحرك شيئان كل منهما بنفس سرعـة الآخر. فإن مقـدار الطاقـة في كل منهما يتناسب مع كتلته، فإذا كانت كتلة أحدهما ضعف الآخر فإن طاقته تكون ضعف طاقة الآخر. وهكذا فعنـدما يتحرك حجر صغير بسرعة السيارة نفسهـا، فإن طاقته ستكون فحسب جزءًا من المليـون من طاقة السيارة، وبالتـالي فإنه يحدث عند الاصطدام ضررا أقل بما يناسب طاقته.

كذلك يتوقف حجم الضرر على سرعة حركة النيازك. فإذا ما زادت السرعة إلى الضعف فإن الطاقة تزيد بأربعة أضعاف، وإذا زادت السرعة بثلاثة أمثال فإن الطاقة تزيد بتسعة أمثال. وهكذا فإن قطعة حجر تتحرك بسرعة يمكن أن تصبح طاقتهـا مثل طاقـة سيارة تسير ببطء. والحقيقـة أن قطعة غبـار لا تزن أكثر من ١, ٠ من الجرام وتتحرك بسرعة خمسين ميـلا في الثانية سيكون لها من الطاقة ما يماثل سيارة وزنها طن واحـد وتتحرك بسرعة خمسين ميلا في الساعة! والحجر الصغير الذي يـزن جراما واحدا يرتطم بـالجو ارتطامة تماثل تلك التي تنتج عن سيارة نقل مسرعة. وأضخم هـذه الأحجار حجما تدخل بسرعة ٥٠ «ماخ»*. إنها تلك القطع التي تختفي بعيدا داخل الأرض تاركة وراءها حفرة عميقة واسعة هي بمنزلة الندبة فوق سطح الأرض.

---

* الماخ: سرعة الصوت في وسط مائع كالهواء مثلا، وهو الوسط المقصود هنا. (المترجم)

إننا محميون ـ هنا على الأرض، عند مستوى سطح البحر ـ بالغلاف الجوي للأرض، أما الفضاء الخارجي فحتى قطع الحصى الصغيرة يمكن أن تكون قاتلة. فالطاقة التي تنطلق لو اصطدمت قطعة حصى صغيرة بسفينة فضاء يمكن أن تكون أكبر بآلاف المرات مما ينبعث من وزن مماثل من مادة الديناميت. كما يمكن لجسيم في حجم رأس الدبوس أن يحدث في جسم السفينة شقا يسرب الهواء، ويمكن لحصاة في حجم طرف الأصبع أن تدمر سفينة فضاء بأكملها. بل لقد طرحت فرضيات تقول إن مايحدث أحيانا من دمار للطائرات على نحو تراجيدي في الارتفاعات العالية قد يكون ناجما عن الارتطام بنيزك يؤدي إلى تحطم زعنفة الذيل أو أي وحدة أخرى حساسة في الطائرة.

ولقد أدت المناظر والأصوات المرعبة التي تعلن عن وصول أحد النيازك من السماء إلى تولد قناعة عند الشعوب البدائية بأن الآلهة هي التي أرسلتها. ونتيجة لذلك أصبحت النيازك كنوزا تبجل في المعابد على أنها، حرفيا، «هبة من الآلهة». وفي أعمال الرسل (إصحاح ١٩، الفقرة ٣٥) نقرأ عن الأفيزيين الذين كانوا يعبدون ديانا وعن «رمزها الذي سقط من السماء». أما مكسمليان الأول ملك ألمانيا فقد انطلق إلى الحروب الصليبية وقد شجعه سقوط حجر قرب إنزيسهايم بالألزاس خلال عام ١٤٩٢. ولا يزال هذا الحجر مستقرا في كنيسة القرية.

وعندما تنظر إلى «الآثار المقدسة للصليب» فإنك تشك في أمرها، وأنت على حق في ذلك. وقد ثارت شكوك مماثلة في القرن الثامن عشر بشأن المزاعم بامتلاك «أحجار قد سقطت من السماء». واتفق أهل العلم بقيادة الأكاديمية الفرنسية للعلوم على أن مثل هذه الظواهر غير المنتظمة إنما هي من المستحيلات. وأصبحت المزاعم بالحصول على نماذج من النيازك هي مما لا

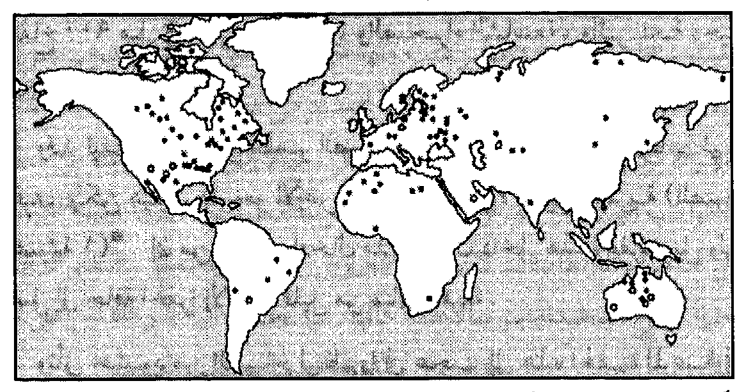
يصدق باعتبارهـا مجرد آثار باقية من عصر بائد تسوده الخرافـات، وقام العديد من المتاحف الأوروبية بإلقاء هذه النماذج بعيدا عن معروضاتها.

ولم تصبح النيازك الصغيرة القـادمة من السماء شيئـا له احترامـه إلا بعد أن سقط نيـزك حديـدي في النمسا عـام ١٧٥١. وسمع عـدة مئات من الأفـراد صوت الـرعد ورأوا كرة النـار في السماء. وانتشرت الحكايـات عن ذلك المشهد المرعب لليل انتشارا واسعـا، ووجدت قطع من الحديد متناثـرة حول المكان. ومع انشغال النـاس بالتفكير في هـذه الظاهـرة فوق الطبيعيـة على نطاق واسع سرعـان ما اهتمت بها الكنيسـة وأخذ القسس يجرون المقـابلات مع الشهـود. وجمع رجال الـدين شهادات تم قسـم اليمين بصحتها وأرسلوهـا إلى الإمبراطور النمساوي. وأدى هذا بدوره إلى حث عالم الطبيعة الألماني أ. ف. شلارني على أن يـدافع عن واقعية هـذه الظـاهرة وأخـذ العلماء يهتمـون بالأمـر. وأصبحت النيازك شيئا «رسميا» عندما سقط وابل من الحجارة بالقرب من باريس في عام ١٨٠٣. ولم يستطع علماء الأكـاديميـة الفـرنسيـة المتشككـون أن يتجـاهلـوا حدوث هـذا الوابل في فنائهم الخلفي ذاتـه، وأخيرا وافق المجتمع العلمي كله على أن النيازك تسقط حقا من السماء.

إن فكرة الكـوارث الكونية هي فكـرة جد شائعـة في قصص الخيال العلمي وأفلام الكـوارث. على أنه، وخلافا لبعض العـروض الغريبة في هـذا النوع من الفن، فإن سقوط صخور من السماء لتدمر مدنا كاملة ليس مستحيلا. فهناك أدلـة وافـرة على وجـود غـزاة من صخـور ضخمـة كهـذه. وتصل من الأقمار الصناعية المستخدمة لـلاستشعار من بعد صور للأرض تبين أن سطح الأرض فيه حفر تدل على ماحدث من اصطدامات.

وتنتشر على سطح الكرة الأرضية حفر اصطدامية معروفة يزيد حجمها على الكيلومتر المربع ويمكن رؤية ذلك من الخريطـة (شكل ١، ٢). ويوجد من

هذه الحفـر ما يـزيد على المائة حفـرة، وتلك نسبة مئويـة صغيرة فحسب من الإجمالي. فهناك منـاطق واسعة في آسيـا الوسطى وأفـريقيا والبرازيل، حيث لم يُسجل غير عدد محدود من هذه الحفر حتى الآن، استكشفت بدرجة أقل من المنـاطق الأخـرى. وعنـدمـا تسقط النيـازك في غـابـات أو في منـاطق نشطـة جيولوجيا، فإن كل أثر لها يختفـي بما ينمو عليه أو يتم محوه بالأرض الحية. كما أن معظم سطح الأرض تغطيه المحيطات، وكل ما سيهبط هنا لن يكون له أي أثر (وإن كان ثمـة تصور بأن البحر الكاريبي هو نتيجة لارتطـام هائل حدث منذ عدة ملايين من السنين). وعلامات الارتطام لا تظل باقية بشكلها الأصلي إلا في المنـاطق الجافة غير المضطـربة مثل صحـراء أريزونـا أو مناطق أستراليـا الوسطى القاحلة ذات الحفر.



شكل ١، ٢ مواقع الحفر الأرضية: الدوائر المفرغة تدل على حفر عرضها أقل من ١ كم ومعها شظايا من النيازك وملامح للاصطدام. أما النقط فتدل على تكوينات أكبر وأقدم (عن ر. جريف، ١٩٨٣).

وفي الركن الجنوبي الغربي من الولايات المتحدة تقع آلاف من الأميال المربعة من مفازة صحـراوية جميلة. والهواء في هـذه المنطقة جد سـاكن والشمس جد ساطعة حتى ليمكنك أن ترى الـوادي الرمادي الذي جرفته الـرياح ممتدا أمام البصر لأميال عـديدة إزاء ستـار خلفي من السماء التركوازيـة. وفي وسط هذا

الخلاء المفتوح توجد ندبة مشوهــة، حفرة هائلة تخلفت ذات يوم منذ ٣٠ ألف سنة عندما سقطت من السماء كتلة صخـرية في حجم ناقلة بترول، وارتطمت بالأرض وسرعتها أكبر من سرعة طائرة الكـونكورد ثلاثين مرة. ونتج عن حرارة الارتطـام أن تبخـرت التربـة وتصـاعـدت سحـابـة هـائلـة لتصل عـاليـا إلى الإستراتوسفير. وانهمرت من السحـابة جلاميد أكبر من المنـازل هبطت كالمطر لتزيد من حجم الدمار.

وظلت الهوة باقية بلا تآكل، تمامـا مثلما كانت ما أن استقر التراب منذ كل تلك السنين. وهي حفرة هـائلة ـ يزيـد اتساعها على الميل ويزيـد محيطها على ثلاثة أميال ـ بحيث يسهل رؤيتهـا من الفضاء الخارجي، وهي تشبه جزءا من وجه الرجل الذي يبدو في القمـر. والصور التي تلتقطها الأقمار الصناعية على ارتفاع ٩٠٠ ميل تبين نهر كـولورادو، والصحـراء الشاسعة، وأثـر ندبـة وحيد حيث حط الجلمود.

وقـد تبدو الحفـرة من القمـر الصنـاعي المخصص للتجسس وكأنها شيء تافـه، ولكن هيـا نهبط نحو الأرض لنـراها في صـورة ضوئيـة مقربـة (الصورة الضوئية ١)*. إن من الممكن إدخال مدينة لندن داخل هذه الحفرة، بل ولن يصل إلى حافة الحفرة إلا عدد قليل من مباني المدينة.

وتأتي حشـود من السيـاح لينظـروا في عجب إلى هذه الحفـرة المرعبـة في الصحراء. ويظن الكثيرون منهم أنها حفرة فريـدة. ولكن واقعة تنجوسكا قد بينت لنا من قبل أنها ليست فريدة. فنحن لسنـا وحدنا في هذا الفضاء ومن آن لآخر يهبط علينا زوار غير مـرحب بهم: بلاء يصيب كل المحيطين به إذ يدق بابهم.

---

* انظر ملحق الصور الضوئية في نهاية الكتاب.

ولعلك تتساءل: مـا أكبر ارتطام نجت الأرض بعده أو أكبر ارتطـام يُرجَّح أن تتعرض له؟

ورغم أن عاديات الـزمان قد غطت على معظم آثار الارتطـامات بالأرض، فإن العوالم الميتـة الموجودة في الأمـاكن الأخرى من المنظـومة الشمسيـة مازالت تحتفظ بسجل للاصطدامات هناك، وهو ما يعطينا فكرة عما يمكن أن تقوم به الطبيعة. وأقرب جار لنا هو القمـر، ووجهه المليء بالندوب يبين ما كان يمكن أن تكون عليه الأرض لـو لم يكن هناك غلاف جوي يحمينا. فبإمكـاننا أن نرى حفرا هـائلة فوق القمر ونحن على بعـد ٢٥٠ ألف ميل. ولنتخيل كيف تكون هذه الحفر على مستوى أرضية القمر وكيف تم تكوينها.

وتختلف حفـر القمـر في حجمهـا، فكثير منهـا أصغـر من حجم قطعـة العملة، على حين يـزيد قطـر ست منها على ١٠٠ ميل، أي في حجم جـزيرة صقلية أو بطول لونج أيلاند. وقد نشأ العديد من هذه الحفر عندما كان القمر لا يـزال شـابـا والكواكب مـازالت تتشكل. فـالأجـزاء التي بـردت من هـذه «الكواكب البـدائية» الصغيرة أخذت ترتطم بـالقمر وتترك آثارها عليـه للأبد. على أن هـذه الارتطامـات لا يمكن التعـويل عليهـا فيما يتعلق بتقـدير درجـة احتمال وقوع اصطـدامات بـالأرض حاليا. فما نحتـاج إليه هـو الدليل على أن هناك اصطدامات كبرى حدثت في الأزمنة الحديثة ومازالت تحدث.

عندما هبط رواد الفضاء بالسفينة أبوللو على سطح القمر تركوا هناك أربعة أجهزة لقياس زلازل القمر. وعندما قامت هذه الأجهزة بإعادة إرسال الإشارات للأرض، دهـش العلماء المستمعون من أصوات النيـازك الضخمة التي تـرتطم بالقمر، وكان بعضها يبلغ قطره ١٠ أمتار.

ويختلف تدفق الارتطامات على القمـر خلال السنة، ويصل إلى ذروته عند

وابلات الشهب المعروفة. وأكبر وابل يحدث عند نهاية شهر يونيو عندما نمر خلال مجرى شهب «توريد» Taurid. ونحن على الأرض لا نلحظ الكثير منها وذلك بفضل غطاء الهواء الذي يحيط بنا، أما القمر الذي لا هواء له فإنه يحمل آثار الندوب. وقد أدى ارتطام الحجارة بالقمر إلى أن سُفعت الحفر القديمة بالرمال، فأنشأت تراب القمر الذي كان رواد الفضاء يضربون فيه بأقدامهم وهم يمشون على سطح القمر.

والقمر مكشاف جيد، وهو يعلمنا الكثير عما يجري «هناك في الخارج». فمن توزيع الاصطدامات ــ أي حجمها وتواترها ـ يمكننا أن نقدر ما هو العدد الموجود في هذا الحشد، (ونحن نأخذ فقط عينة تتكون من نسبة صغيرة)، ويصل العدد إلى مايقرب من المليون. ويمكننا أيضا أن نحسب توزيع الأحجام المختلفة، وهكذا نقدر حجم أكبرها. فإذا كان هناك ١٠ آلاف حفرة قطرها متر واحد، وألف حفرة قطرها ١٠ أمتار، فإنه يمكننا أن نكون واثقين إلى حد معقول من أن هناك حفرا عديدة قطرها ١٠٠ متر، وحفرا قليلة قطرها كيلومتر واحد، ولعل هناك حفرة واحدة قطرها عشرات الكيلومترات. والآن فإن الرقم «واحد» يمكن أن يكون صفرا أو يكون اثنين أو ثلاثة ـ فالإحصائيات عند أطراف التوزيع يكون عنصر المجازفة فيها أكبر. على أنه لن يكون هناك شك بالنسبة لسائر الحفر: فهناك حفر عديدة يزيد حجمها على ملعب كرة القدم. ونحن نعرف مايمكن أن تحدثه ارتطامات من هذا النوع: ولدينا أمثلة على ذلك في حفرة أريزونا وواقعة تنجوسكا.

وهناك في وابل شهب «توريد» السنوي قطع كثيرة كان يمكن أن نحس بها لو أننا لاقيناها. وقد وجدنا في السنوات الأخيرة أن مجرى الشهب هذا فيه أجرام يبلغ عرضها ١٠ أميال. والارتطام بأجرام كهذه يمكن أن يهدد الحياة على الأرض ولكن هذه الارتطامات لحسن الحظ نادرة أقصى الندرة.

والاحتمال الأكثر ورودا هو أن ترتطم بكوكبنا أجرام في حجم تلك التي سقطت في تنجوسكا .

ومع التكنولوجيا الحديثة توافرت لدينا القدرة على التفكير في فعل لمواجهة مثل هذا الخطر. ولكن تُرى ما طول الزمن اللازم لكي نستعد؟ وما الحجم المتوقع لغاز كهذا؟ العجيب في الأمر أننا لم ننجز في هذا الصدد إلا القليل. إننا مهرة في تأمل الكون بعمق ومع ذلك فنحن لا نعرف جيدا الجدول الزمني للحطام الذي يدور في فنائنا الخلفي .

إننا نحتمي حتى الآن بلعبة المصادفة . فالحفر التي بالقمر تمدنا بسجل لما وقع من ارتطامات عبر الدهور، وهو يوضح أن الارتطام الكبير، الذي يؤدي إلى حفرة تزيد على الميل ، ينبغي أن يقع مرة واحدة كل عشرة آلاف عام في المتوسط ، وكلما زاد حجمها قل احتمال وقوعها .

فلتفكر في كل ما يقع خلال ميل واحد من بيتك ، ولتتخيل أن هذا كله قد تحطم . بل وحتى لو حدث ذلك في مجال من نصف الميل فإنه لا يكون أمرا هينا ، والارتطامات التي من هذا الحجم هي مما ينبغي أن تكون الأكثر وقوعا . واحتمال أن يحدث أحدها في مكان مأهول لهو احتمال صغير، حيث إن مساحة الأرض هي في معظمها غير مسكونة . وواقعة تنجوسكا مثل جيد على ذلك ؛ فقد لاحظ الناس في مختلف أنحاء العالم حدوثها بما يشبه ملاحظتهم لثورة بركان كراكاتوا، ولكنها لم تؤثر تأثيرا مباشرا في عدد كبير من الناس . ولو كان الجسم الغازي أكبر حجما فلربما مزق قدرا أكبر من الغلاف الجوي ، ولعل انقراض الديناصورات منذ ٦٠ مليون سنة كان أحد الأمثلة لهذه الدرجة القصوى من الدمار.

إن الكون مكان عدواني وليس من موضع للاختباء من تأثيراته . فهاهي أريزونا أصيبت بالأمس ، وسيبيريا اليوم ، فأين سيقع الحدث التالي؟

# الفصل الثالث

# الجوار

عطارد، والزهرة، والأرض، والمريخ، والمشتري، وزحل، وأورانوس، وبلوتو، تسعة كواكب تدور حول الشمس في مواكب منتظمة. وهناك فضلا عن ذلك بلايين من أطنان الحطام الكوني تدور في الفضاء في حشود كبيرة. وقد هبط بعضها كوابل على الكواكب الأوغل في الفضاء مشوها إياها بالندوب مدى الحياة. ومازال الحطام ينهمر وتندفع المذنبات من أعماق الفضاء، وتهوي قادمة من أعماق السماء لتحترق كشهب، وتدور الكويكبات في مدارات تتقاطع مع مدارنا.

إن وزن الشمس يفوق وزن كل الكواكب مجتمعة، وجاذبيتها تمسك بالكواكب والمذنبات والكويكبات في مدارات مستمرة في رحلاتها تلك التي تظل تعاودها.

والكواكب التي تقع في أقصى الداخل هي مثل الأرض صغيرة، ولها أسطح من صخر صلب تخلّف لباً من الحديد المصهور. ثم تأتي أربعة كواكب عملاقة تتألف من الهيدروجين والهليوم والأمونيا والميثان، وكلها صلبة متجمدة إلى حد الصلابة في أعماق الفضاء الباردة. ويزن المشتري أكثر من بقية الكواكب مجتمعة. وجاذبيته تصل إلى درجة من القوة جعلت له منظومة أفلاك مصغرة خاصة به عرفنا منها ما يزيد على اثني عشر قمرا. كما اجتذب كل من زحل وأورانوس في فلكهما أقمارا عديدة وحلقات من

صخور أصغر. أما نبتون فنتتظر بشأنه نتائج سفينة الفضاء فوياجير التي أطلقت عام ١٩٨٩، ونحن نتوقع أن نجد هناك أيضا منظومة مركبة من الأقمار. وفيما وراء الأربعة الكبار يقع بلوتو الضئيل الحجم الذي يكاد قمره تشارون يماثله في الحجم.

ورغم أن وزن المشتري يفوق وزن بقية الكواكب، فإنه يظل أخف ألف مرة من وزن الشمس، ومن هنا فإن جاذبية «الشمس» الهائلة هي التي تسيطر على المنظومة الشمسية.

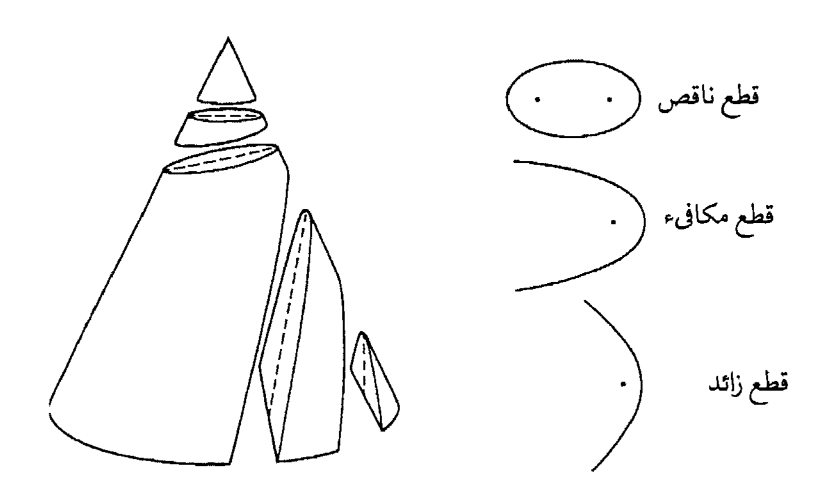
لقد طرح إسحق نيوتن قانونه عن الجاذبية عام ١٦٨٧. ولم يكتف نيوتن بإيضاح أن التفاح يسقط فوق رؤوس الناس، بل أوضح أيضا أن الكواكب ممسوكة في أفلاك تدور فيها حول الشمس.

ونحن نعرف أننا آمنون منها؛ لأن نيوتن أوضح نوع المسارات التي يمكن أن تتبعها الكواكب التي تدور حول الشمس. فقانون نيوتن يدل على أنه إذا انجذب جسم ما إلى شيء ضخم (مثل الشمس) بقوة تضعف بنسبة طردية مع مربع المسافة، فإن الجسم يتحرك حسب واحد أو آخر من عدد من المسارات المعينة وتلك هي «القطاعات المخروطية» أي الأشكال التي تحصل عليها عندما تقطع مخروط الآيس كريم* (انظر الشكل ٣ ـ ١)

وتسير الأرض والكواكب الرئيسية كلها في مدارات هي بالتقريب دائرية، ويظل كل منها بعيدا عن الآخر. وحتى نبتون وبلوتو اللذان يتقاطع مداراهما بالفعل فإنهما لا يتلاقيان أبدا في الوقت نفسه عند نقط التقاطع. وتسير الكويكبات في مدارات من قطع ناقص يتسم بالاستطالة، فتتقاطع مع مدارنا مرتين.

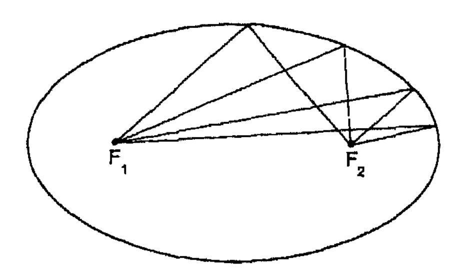
---

* المعنى الحرفي لتعبير Cream Cone هو الأيس كريم المعبأ في «سكوتة» مخروطية الشكل، بدلا من ذلك المعبأ في علبة أسطوانية أو غيرها.




شكل (٣ ـ ١) القطاعات المحروطية· القطاع الأفقي يعطي دائرة، والقطاع المائل يعطي قطعا ناقصا فإذا كانت الشمس في بؤرة القطع الناقص (أي من النقطتين) فإن الكـواكب تـدور في مسارات من قطع نـاقص. ولـو قطعت المخـروط في تـواز مع أحـد الجوانب تحصل على قطع مكـافىء. وإذا كـانت الشمس عند البؤرة منـه فإن المسار يكون هو الخط الذي يـذهب خارجا إلى اليسار للأبد ــ كما في حالة المذنب المنحذب الذي يتخـذ مسارا واحدا لكنه واقع دائما في شرك جـاذبية الشمس. أمـا إذا قطعت المخروط رأسيـا فسوف تحصل على قطع زائد وهذا هو المسار الـذي يتبعه جرم ما إذا لم يقع في أسر الشمس بل ينحرف فحسب بوساطة جاذبية الشمس أثناء مروره.

وتقع الشمس في بؤرة القطع الناقص (انظر شكل ٣ ــ ٢)، خلافا للصورة المطبوعـة على ورقة البنكنـوت من فئة الجنيـه الإسترليني والتي تبين الشمس في نقطة المركـز. ومن الطريف أن نذكـر أن نيوتن عمل ذات يوم رئيسـا لدار سَكْ النقود الملكيـة ببريطانيا. ومن الـواضح أن خليفته في سبعينيات هـذا القرن، والمسـؤول عن التصميم، لم يكـن مُلمّاً بما يكفي بنظـريـة نيـوتـن عن الجاذبيـة ومدارات الكواكب حول الشـمس.




شكل (٣ ــ ٢) القطع الناقص: تقع الشمس عند بؤرة القطع الناقص. وهناك بؤرتان ب ١ و ب٢، والمسافة من ب١ إلى ب٢ مرورا بحافة القطع هي دائما المسافة نفسها. وحتى تصنع قطعا ناقصا تخير قطعة خيط دوبار مثبتة إلى الورق بدبوسين عند نقطتين قريبتين بما يكفي لأن تكون قطعة الدوبار متهدلة. والآن شد قطعة الدوبار بإحكام باستخدام قلم، وأبقها مشدودة بإحكام، وارسم منحنى. سيكون الدبوسان عند البؤرتين ويكون المنحنى هو قطعا ناقصا.

أما المذنبات الدورية، مثل مذنب هالي، فتتبع مدارات من قطع ناقص ممطوط جدا في طوله. ويمكننا من دورة المذنب هالي التي تستغرق ٧٦ عاما، ومن قانون نيوتن للجاذبية، أن نحسب مداره لنجد أن أبعد نقطة فيه تبعد عن الشمس بأكثر من بُعد نبتون عنها. وهو يندفع للداخل، كما حدث عام ١٩٨٦، قاطعا مدارنا مرة وهو في طريقه إلى الداخل كما حدث في نوفمبر ١٩٨٥ ومرة وهو في طريقه إلى الخارج كما حدث في أبريل ١٩٨٦، دون أن يلاقينا في المرتين، ثم لا يلبث أن يعود ثانية ذات يوم آخر.

وقد أدرك الناس منذ ٣٠٠ سنة أن المذنبات يمكن أن تتحرك حول الشمس في قطع ناقص طوله ممطوط جدا أو تتخذ ممرا واحدا على قطع زائد. وفي الحالة الأولى فإنها تكون جزءا من المنظومة الشمسية، مثلها مثل الكواكب، لكنها تأتي من أماكن بعيدة جدا ولا تصبح مرئية إلا للزمن القصير الذي تقترب فيه من الشمس. وفي الحالة الثانية فإنها تصبح عابرة سبيل هائمة

في الكون يحدث بالمصادفة أن تنحرف بجاذبية الشمس وهي في طريقها من ماض سحيق إلى مستقبل موحش. ومن بين المذنبات المعروفة البالغ عددها نحو ٧٠٠ مذنب هناك ٦٠٠ مذنب لها مدارات دورية من نوع القطع الناقص، أما الباقي، فهو مسافر لا يمر إلا مرة واحدة.

وسوف نقوم في الفصل الرابع بإلقاء نظرة على تلك المذنبات «الخوارج» التي تقطع مدارنا وتعرضنا للخطر. أما هنا فسوف نركز على المذنبات التي لها مدارات تكاد تكون دائرية. وهذه المذنبات لا تفرض أي تهديد لكنها تثير اهتمامنا لأنها تمدنا بحفريات من آثار الاصطدامات الماضية توضح لنا ماحدث في الماضي وما يمكن أن يحدث ثانية.

## قياس المنظومة الشمسية

القمر هو أقرب جيراننا في الفضاء. ويستطيع رواد الفضاء الوصول إليه خلال أسبوع واحد. وبإمكاننا قياس المسافة بين الأرض والقمر بارتداد أشعة الرادار أو الليزر عنه ومعرفة الزمن الذي تستغرقه عودة الإشارة ـ تستغرق الإشارة زمن ثلاث ضربات للقلب حتى تصل إلى القمر ثم تعود ـ وهي رحلة دائرية تقارب نصف المليون من الأميال. وتبلغ معرفتنا بسرعة الضوء، أو أشعة الرادار، درجة من الدقة تمكننا من قياس بُعد القمر بدقة أكبر من دقتنا في قياس سمك هذا الكتاب. بل ويمكننا حتى أن نعرف أن القمر يرتد متراجعا عنا بسرعة تبلغ نحو ٣سم في كل عام، أو ثلاثة أمتار في كل قرن.

وهكذا فإن الأشياء لا تتحرك فحسب أحدها حول الآخر، بل وتتغير مداراتها أيضا. ويرفع القمر أمواج المد في البحار ويجهد صخور الأرض، وكنتيجة لقوى المد هذه فإنه يرتد إلى الوراء وإن كان مقيدا بنا بحيث يعرض لنا دائما الوجه نفسه. كذلك تبطىء الأرض بالتدريج، خلال رحلتها حول الشمس من سرعة دورانها

حول نفسها ؛ وهي في المستقبل البعيد سوف تعرض للشمس الوجه نفسه دائما. ويمكن للساعات الذرية أن تسجل هذا الإبطاء في دوران الأرض ــ وهو جزء من الثانية في كل سنة ــ وبالتالي فإن علينا بين وقت وآخر أن نضبط ساعاتنا الزمنية بإضافة ثانية لكل عام، فالزمن «يقف ساكنا» خلال تلك اللحظة. وعلى العكس، فإن الأرض فيما مضى كانت تدور بسرعة أكبر وهكذا كانت هناك أيام أكثر في السنة. وتبين السجلات الجيولوجية لما قبل التاريخ أنه منذ ملايين عديدة من السنين كان هناك ٤٠٠ يوم في السنة. وهكذا فإن كل شيء يعاد تنظيمه عبر العصور ـ وهذه نغمة ستظل سائدة في حكايتنا.

وشعاع الرادار الذي يقيس المسافة من الأرض للقمر يمكن أيضا أن يصل للزهرة. وتبعد الزهرة، وهي أقرب جيراننا من الكواكب، عن الأرض بما يقرب من ثلاثين مليون ميل عند أقصى اقتراب لها منا.

والعلامة التالية في قياساتنا الكونية هي المسافة بيننا وبين الشمس. ونحن لا نستطيع أن نجعل أشعة الرادار ترتد لنا من الشمس، وهكذا فإن علينا أن نبدأ بمعرفة المسافة إلى الزهرة ثم نستخدم ذلك في عملية القياس. وتدل نظرية نيوتن للجاذبية على أن الوقت الذي يستغرقه الدوران حول الشمس يعتمد على مسافة البعد عن الشمس وليس على الكتلة. (وحيث إن هذه النظرية تمكننا من التنبؤ بتوقيتات كسوف الشمس بما يقاس بالثواني فإننا لا نشك في أنها نظرية موثوق بها). فكلما كنت أبعد عن الشمس زادت حركة دورانك حولها بطئا (وإلا فإنك ستطير خارج المنظومة الشمسية مثل سيارة تحاول أن تدور حول زاوية بأسرع مما ينبغي)، ولأن عليك أن تتحرك أيضا في دائرة فإن الأمر يستغرق زمنا أطول. ولو أن بعدك عن جسم آخر زاد بأربعة أمثال، فتستغرق زمنا أطول بثمانية أمثال (وبصفة عامة، فإن الوقت الذي تستغرقه يتناسب مع المسافة مضروبة في الجذر التربيعي للمسافة، وهكذا فإنه في مثلنا تكون الأربعة مضروبة في اثنين لتساوي ثمانية).

وفي الزمن الحالي يبلغ طول سنة الزهرة ٢٢٤ يوما من أيامنا ، وهو ما يعني أن معدل المسافة من كوكبنا حتى الزهرة عندما يكون ذلك الكوكب في أقرب موقع منا هو ثلث المسافة من الأرض حتى الشمس . وقد بين لنا ارتداد الرادار كم تبعد الزهرة عنا وهكذا أصبح في إمكاننا أن نحسب بُعد الشمس عنا . ولأننا نتحرك حول الشمس في مدار من قطع ناقص ، لذا فإن المسافة لا تكون هي نفسها خلال العام كله بل يبلغ متوسط المسافة ٩٣ مليون ميل . ولو أمكنك أن تطير إلى الشمس في طائرة كونكورد فإن رحلتك ستستغرق ما يقرب من اثنتي عشرة سنة ، أما شعاع الضوء فيقطع المسافة فيما لا يزيد على ثماني دقائق .

## قانون بود

المدارات شبه الدائرية للكواكب لها أبعاد تتلاءم مع قاعدة عددية بسيطة . وسوف نقارن المسافات الواقعة بين الشمس والكواكب مع المسافة من الشمس إلى الأرض . وللتبسيط سنعتبر أن الأرض تبعد عن الشمس بمقدار عشر وحدات . ومن ثم فإن المسافة بين كل من عطارد والزهرة والمريخ والمشتري وزحل وبين الشمس ستكون بالتقريب الشديد كما يلي : ٤ و٧ و١٥ و٥٢ و٩٥ وحدة مسافة على الترتيب .

وقد كانت تلك الكواكب هي الوحيدة المعروفة عام ١٧٦٦ عندما لاحظ جوهان تيتيوس لأول مرة أن هذه الأرقام تصلح لتكوين سلسلة . فعند طرح الرقم ٤ من كل منها فإن النواتج تصبح مشابهة لسلسلة يكون كل رقم تال فيها ضعف الرقم السابق : أي صفر، ٣، ٦ ، ١٢ ، ٢٤ ، ٤٨ ، ٩٦ ، ١٩٢ وهكذا دواليك . ولو أنك أضفت ٤ مرة أخرى لهذه السلسلة يصبح لديك ٤ ، ٧، ١٠ ، ١٦ ، ٢٨ ، ٥٢ ، ١٠٠ ، ١٩٦ . وهذه الأرقام فيها مشابهة قريبة جدا مع مسافات الأفلاك حتى المريخ . وهناك عضو مفقود عند الرقم

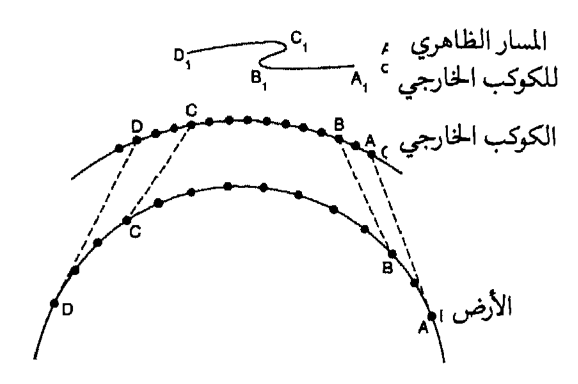
۲۸، أما عند ٥٢ فيوجد المشتري في المكان المحدد، ثم يأتي زحل الذي لا يبعد عن الرقم إلا بخمسة في المائة فقط.

وعندما خلف جوهان بود تيتيوس في مرصد برلين، نشر قاعدة تيتيوس ونال هو الفضل. وأصبحت هذه القاعدة الرقمية يشار إليها غالبا على أنها «قانون بود».

ولم يلتفت أحد كثيرا لهذا القانون حتى عام ۱۷۸۱ عندما اكتشفت كارولين ووليم هرتشل الكوكب أورانوس. وكان بعده عن الشمس هو ۱۹۲ وحدة من هذه الوحدات نفسها. وكان ذلك إنجازا لافتا حيث إن قاعدة تيتيوس ـ بود تتنبأ ببعد ١٩٦. وقد أثار هذا الاتفاق الاهتمام لدرجة أن الفلكيين بدأوا يتساءلون عن صاحب رقم ٢٨ المفقود.

وبدأت جماعة من علماء الفلك بقيادة البارون فون زاك في البحث عن الكوكب المفقود، جوزيبي بيازي مدير مرصد باليرمو في صقلية سبقهم إلى اكتشافه ففي ١ يناير من عام ۱۸۰۱ أي ١ ـ ١ ـ ١)، وهو تاريخ يسهل تذكره. كان جوزيبي ينظر إلى كوكبة الثور عندما رأى نجما صغيرا غير معروف. وكان يتحرك ـ لا، إنه لا يمكن أن يكون نجما! وظل يتتبعه طيلة شهر كامل وخلال هذا الوقت انعكست حركته (وهذه ظاهرة تنجم عن تخطي الأرض لجرم يدور حول الشمس على بعد أكبر مما نكون نحن: شكل ٣ ـ ٣) وقد أسماه جوزيبي سيريز Ceres، على اسم القديس الراعي لصقلية.

ويبلغ حجم سيريز نحو خُمس القمر. وبعده عن الشمس يتفق وقاعدة تيتيوس ـ بود، ولكن مداره ينحرف بعشر درجات عن المستوى الذي تدور فيه الكواكب الأخرى. وهكذا فإنه ليس مشابها تماما للكواكب الأخرى. وفوق ذلك فإنه صغير جدا. ولم يكن الناس مقتنعين تماما بأن تلك هي القصة كلها، وهكذا واصلوا البحث.




شكل (٣ـ٣) الحركة المتراجعة: عندما تتجاوز الأرض بحركتها السريعة كوكبا آخر أبطأ وأكثر بعداً، فإن حركة الكوكب تبدو وكأنها غيرت اتجاهها في السماء. وعندما تكون الأرض والكواكب عند موضعي «A» على التعاقب فإن خط رؤية الكوكب هو الخط الذي يصل بين كلا الألفين، ويسقط هذا الخط على السماوات البعيدة عند (A) وتوضح النقط D, C, B والخطوط التي تصلها خطوط الرؤية المتعاقبة في الأوقات اللاحقة. وبين A و B تأتي الأرض من حول منعطف ويبدو الكوكب كما لو كان قد تجاوزنا (يتحرك يسارا عبر السماء). ومن B إلى C تلحق الأرض السريعة بالكوكب وتتجاوزه. وهو مايجعل حركته الظاهرية تتراجع.

وفي مارس ١٨٠٢ وصل أولبرز إلى اكتشاف بالاس Pallas، وهو كويكب سيار آخر ويشبه سيريز في حجمه ومداره. وسرعان ما تبع ذلك كويكبان آخران ـ جونو Juno وفستا Vesta ـ حجم كل منهما يقارب ربع حجم سيريز واستنتج العلماء أن هذه الأجرام الضئيلة الحجم، والتي تقع كلها عند المسافة المتوسطة نفسها من الشمس وتتناسب جميعها مع رقم ٢٨ المفقود في قاعدة بود، هي بقايا لجرم أكبر انفجر في الماضي السحيق، أو أنها كويكبات بدائية ولم يتح لها أن تتجمع في شكل كوكب.

وبحلول عام ١٨٩٠ كان قد تم العثور على ٣٠٠ منها. وكان ذلك عملا مضنيا يتطلب مسح السماء بعين تبحث عن أوجه شذوذ ما بين خريطة النجوم المعروفة. وفي ١٨٩١ بدأت الأبحاث الفوتوغرافية باستخدام تليسكوبات

تـدور متزامنـة مع الأرض بحيث تبدو النجـوم الثابتـة كنقط في الصورة. أمـا الكواكـب والكويكبات فتبـدو كخطوط وهي تتحـرك ببطء عبر السماء. وفي خلال النصف الأول من هـذا القرن تم اكتشـاف ٢٠٠٠ منها بهذه الطـريقة. ولا تمر سنة دون اكتشاف العديد من الكـويكبات الجديدة. وليس من علامة على أن معدل سرعـة المكتشفات سـوف يقل، الأمـر الذي يـدل على أن هناك مئات عـديدة مازالت تنتظـر العثور عليهـا. وفي الأسابيع الأخيرة من ١٩٨٦ أعاد العلماء اكتشاف واحد، منها كان قد ضاع أثره منذ عدة عقود.

لقد كان البحث عن كـوكب أبعد من الأرض عن الشمس بما يوازي ٢,٨ ضعف هو الـذي أدى إلى اكتشاف الكويكبات. ومعظم هـذه الكويكبات، وليست كلها، تلتف دائرة مابين المريخ والمشتري. وتبلغ كتلتهـا كلها معا أقل من ١على٢٠٠٠ من كتلـة الأرض، وتبلغ كتلـة سيريـز وحـده نصف هـذه الكتلة. ومن المرجح أن يكـون حدوث ارتطامـات مابين الكويكبات الـواحد بالآخر في هذا الحشد قد أدى إلى تحطم العـديد منها. والكثير من الكويكبات له مـدارات هي أقرب للقطع الناقص منهـا للدائرة والعديد منهـا يقطع مداره مسارنا. ولعل بعضها قد اصطدم بنا في الماضي.

### اصطدامات في المنظومة الشمسية

أطلقت الولايـات المتحدة مـابين ١٩٦٢ و١٩٧٥ سفينة الفضاء «مـارينر» في سلسلة من الرحـلات عرفت بمجسات «مارينر». وقد أمدتنـا مارينر بأول مناظـر عن قرب للمريخ والـزهرة وعطارد، وفي ظروف الكـوكب عطارد الخالي من الهواء تـم العثـور على دليل على الـدمـار الوشيك لكـوكب بأكملـه. فقـد أرسلت ماريـنر لنا صورا لحوض كالـوريس، وهو حفرة يبلغ عـرضها ١٠٠٠ ميل تقـريبـا. وعلى حين تمثل حفرة شهـاب أريـزونا بقعـة في الصحـراء، فإن

حوض كـالوريس يمكن أن يغطي مساحـة أريزونا كلهـا ومعها قسم كبير من الولايات الست التي تغطي الركن الجنوبي الغـربي لأمريكا (أي تقريبا ربع شبه القـارة كلهـا) وبلغ من قـوة مـوجـات الصـدمـة أنها انتقلت مبـاشرة خـلال الكوكب، مخلفة ممرات وتلالا على الجانب البعيد منه.

وفي ١٩٧٧ أطلقت الولايات المتحدة سفينـة الفضاء «فوياجير» في رحلتين أخريين، وقد أمـدتنا مجسات فويـاجير قريبة للكواكب الخارجيـة ومشارفها. وقـــد زارت حتى الآن المشتري (١٩٧٩)، وزحل (١٩٨٠) وأورانـــوس (١٩٨٦). ونحن نعـرف مـن قبل أن زحل لـه حلقـات جميلـة، وقـد بينت فوياجير أن المشتري وأورانوس لهما أيضا حلقات جميلة.

وهـذه الكـواكب الثـلاثـة الضخمة لها أقمار عـديـدة وقـد كشفت صـور فويـاجير أن هذه الأقمار تحوي سجلا للاصطـدامات عبر الدهور. والـرسائل المطبوعة على أسطح هذه الأقمار تجعل بعض العلماء على الأرض يتفكرون. إن هذه العـوالم الموحشة تحمل الشهـادة على قوة الطبيعـة. وهي قد جمعـت هذه الشهادة واحتفظت بها لآلاف السنين، وظلـت هكذا غير معروفـة حتى ذلك اليوم الذي وصل فيه أول مجس للفضاء.

وتبين صور فويـاجير لـ «كاليستو» وهـو أحد أقمار المشتري الكثيرة، نتائج الاصطدامات العنيفـة بتفصيل غير متوقع. وكاليستو يبلغ عـرضه أكثر من ٣ آلاف ميل، أي تقريبا نصف قطر الأرض، وسطحه كله مليء تماما بالحفر، ولا ينجو متر مـربع فيه من ذلك. بل إنك لا تستطيع أن تحفر حفرة جـديدة دون أن تهدم حفرة أخرى موجودة من قبـل. لابد من أن الصخور والجلاميد الهائلة قد ظلت تصطدم بكاليستو لملايين السنين.

وسطح كـاليستو مزيـج من الثلج والصخر، وكأنـه قارة قطبيـة. وتنساب

أنهار الجليد في حفر الشهب. وأكبر أماكن الاصطدام كانت تتميز أصلا بحفر هائلة وصخور عالية، لكنها الآن تمت تسويتها بحيث لم يبق إلا الجدران المحيطة. أما الحفر الأصغر فقد ظلت باقية في شكلها الأصلي إذ إن الثلج يمكنه أن يدعم جدار الحفر الصغيرة بصفة دائمة أما الحفر الكبيرة فتنهار.

وخلال هذا القفر المروع ثمة منظر رائع جميل لحلقات متعددة تتتالى كل حلقة حول الأخرى. فقد صنع اصطدام مذهل يعد فريدا حتى بالنسبة للاصطدامات المستمرة، لكاليستو حفرة عرضها ٤٠٠ ميل، وأدى ذلك إلى ذوبان الثلج تحت السطح وانتشرت للخارج أمواج انفجار هائلة من المياه. وفي ظل درجة حرارة تصل إلى ١٨٠° تحت الصفر، تجمدت الأمواج في حلقات من جبال، تنتشر في محيط مساحة مقدارها ٢٠٠٠ ميل. ونحن نعرف أن هذا قد حدث في زمن حديث نسبيا لأنه لا توجد حفر في القاع، وهذه الحلقات المتداخلة قد انتشرت مرشوشة على الحفر الأكثر قدما والتي سوف تتناثر عليها ثانية في حينه حلقات أخرى.

ويعد ذلك خير مثال على القوة الهائلة الكامنة في الطبيعة، وفيه مايذكرنا أيضا بضآلة أهميتنا. من كان يستطيع أن يتصور حقيقة وجود جبال متجمدة تمتد بها يصل إلى طول الولايات المتحدة، وقد تمركزت حول حفرة أكبر من ولاية كانساس؟ وإذا كان في هذا مايبهرنا فإننا نأمل ألا يكون فيه دليل قوي على مايحتمل أن يحدث لنا على الأرض. وكاليستو قريب من المشتري ذي الجاذبية الهائلة التي تشد الحطام إلى طبقة الإستراتوسفير عنده. وهكذا فإن أقماره يتناثر عليها وابل الصخور الطائرة إلى حد يفوق كثيرا ما كان سيحدث لها لو كانت قريبة من الأرض. فكاليستو يقع على الطريق الرئيسي الشمسي، أما الأرض فبعيدة عن هذا الطريق الرئيسي.

وبعد أن زارت فوياجير المناطق المحيطة بالمشتري اندفعت متعمقة لمسافة

أبعد في الفضاء لتصل إلى زحل في عام ١٩٨٠ حيث زودتنا بأول مناظر لأقمارة ذات الحفر.

ويبلغ قطر أحد أقمار زحل، وهو ميماس ٢٥٠ ميلا فحسب ومع ذلك فهو يحتوي على حفرة عمقها ٧ أميال وعرضها ٦٠ ميلا بالكامل. وحفرة كهذه حجمها ربع حجم القمر إنما تمثل اصطداما من نوع متطرف، ولو أن هذا الاصطدام كان أشد قليلا فربما أدى إلى تفتت ميماس. والحقيقة أنه يبدو أن ميماس ربما قد حدث فيه شق من خلاله مباشرة، حيث إن هناك تصدعات على الجانب البعيد منه مقابل الحفرة.

وفي هذا مايذكر بالشق الموجود في عطارد، كما يبين أنه ليس الاصطدام الوحيد من نوعه، وأن هذا الحجم من الدمار ليس آخر المطاف فيما يتعلق بإمكانات الطبيعة على التدمير، إذ إن هناك اصطدامات أكثر عنفا حدثت لأقمار زحل ـ فأحدها قد انقسم إلى اثنين، وهذان النصفان مازالا يدوران وهما قمران لهما اسمان غير رومانسيين هما «إس ١٠» (S10) و«إس ١١» (S11).

ويدور هذان القمران التوأمان حول زحل على مسافة ١٠٠ ألف ميل، إلا أن مساريهما يقع كل منهما في نطاق ٣٠ ميلا من الآخر، أي ما يزيد قليلا على عرض القنال الإنجليزي، أو مايقارب المسافة بين الطرف الشمالي والطرف الجنوبي لمدينة نيويورك ويبلغ عرض «إس ١٠» ١٥٠ ميلا بينما يتميز «إس ١١» بشكل عجيب، فهو عبارة عن شظية طولها ٥٠ ميلا وعرضها ٢٠ ميلا، وهكذا فإن طوله في أحد الاتجاهين يبلغ ضعف الاتجاه الآخر. والطريقة الوحيدة التي يمكن بها للطبيعة أن تصنع شكلا غير منتظم هكذا هي أن تكون قد حطمت جرما أكبر.

وهذه الأقمار المتشاركة المدار ليست «بالضبط» في المسار نفسه، وهكذا

فإنها تستغرق أوقاتا تتفاوت قليلا لتدور حول زحل. وبالتالي فإن الواحد منها لابد أن يمر بالآخر كل فترة. والطريقة التي تتمكن بها من القيام بذلك مازالت سراً، حيث إن أحجامها أكبر من المسافة الفارقة بين مداراتها. ولكن الفلكيين يعتقدون الآن أن بعض الأجرام في المنظومة الشمسية تسلك ـ وبدلا من أن تدور في زمن دوري ـ مسلكا فوضويا. وفي ١٩٨٧ بيّن جاك ويسدون، من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، أن أحد أقمار زحل المسمى هيبريون يتخبط الآن في حال فوضوية. وقد كان يظن فيما مضى أن فوضى الأفلاك شيء مستحيل ديناميكيا، لكن الفلكيين يعتقدون الآن أن هذه الفوضى فيها الإجابة عن أسئلة شتى بشأن المنظومة الشمسية. فالأفلاك الفوضوية يمكن أن تفسر كيف تصل الكويكبات إلى الأرض في شكل شهب، وهي تضيف عنصرا جديدا وغير قابل للتنبؤ به علميا في مجال الأخطار المحتملة.

وقد أمضت فوياجير خمس السنوات التالية، من ١٩٨٠ ــ ١٩٨٥، وهي تواصل السفر من زحل إلى أورانوس. وأخيرا وفي ٢٤ يناير ١٩٨٦ أسرعت لتمر بأورانوس حيث وجدت مرة أخرى أدلتها من الحُفر بل ومن الأقمار المفتتة. ومن المحتمل أن أورانوس نفسه قد انقلب بفعل اصطدام قديم، فبينما يوجد قطبا الأرض المغناطيسيين قريبا من محور دورانها، فإن قطبي أورانوس المغناطيسيين هما تقريبا عند خط استوائه، وهذا أمر فريد في المنظومة الشمسية.

وقد وجدت فوياجير أيضا مزيدا من الدلائل على الفوضى. فأحد أقمار أورانوس ــ وهو القمر «ميراندا» وقطره ٣٠٠ ميل ــ له ملامح جيولوجية متفردة حيث به شقوق وممرات بيضاوية، ومن الواضح أنها نتيجة تخبطه وترنحه شاردا لملايين السنين في حركة فوضوية بدلا من الدوران على فترات يمكن التنبؤ بها.

وهناك عند أقصى الحدود الخارجية لمنظومة الكواكب الشمسية، حيث ستصل سفينة فوياجير ذات يوم، يقبع بلوتو ونبتون. (ستلاقي فوياجير نبتون، ولكن

بلوتو سيكون وقتها عند الجانب البعيد من الشمس. وهكذا فإن فوياجير لن تلقاه هذه المرة). ونحن نميل إلى الاعتقاد بأن بلوتو هو الأكثر بعداً عن الشمس، ولكن الحقيقة هي أن هذين الكوكبين يتقاطع فلكاهما متصالبين ونبتون الأكثر بعدا في الوقت الحالي. (وستظل الحال هكذا حتى مارس ١٩٩٩ وعندها يعبر بلوتو للجانب الآخر ويعود للجانب الخارجي). على أنه لا وجود لخطر أن يتصادم هذان الكوكبان. ذلك أن مداريهما يستغرقان ١٦٥ عاما و٢٤٨ عاما على الترتيب بنسبة محكمة هي ٢ إلى ٣. وهكذا فعندما يدور بلوتو حول الشمس مرتين يكون نبتون قد دار ثلاث مرات. وعندما يكون نبتون عند نقطة عبور مكان التقاطع يكون بلوتو في مكان آخر. وعندما يصل بلوتو إلى نقطة التقاطع يكون نبتون قد تحرك إلى مكان ثان. ويستمر الأمر هكذا دورة بعد الأخرى. وهكذا فإن الكوكبين يظل كل منهما آمنا من الآخر.

وكان عالم الفلك الأمريكي الكبير بيرسي لويل هو الذي بدأ في البحث عن كوكب فيما وراء أورانوس ونبتون. وقد مات لويل عام ١٩١٦ ولم يتم العثور على بلوتو إلا عام ١٩٣٠. وتم إعلان الاكتشاف في يوم ميلاد لويل، واتخذ شكل ♇* رمزا للكوكب، وهي علامة تتألف من الحروف الأولى لاسم لويل وأول حرفين من اسم الكوكب.

وبلوتو أصغر حتى من قمرنا نحن. وفضلا عن ذلك فوزنه لا يتعدى ثلاثة أضعاف قمره الخاص به، وهو قمر يدعى تشارون (اكتشفه جيمس كريستي في ١٩٧٨). ومن الصعب في ظل هذه المعطيات أن نفكر في بلوتو على أنه كوكب، والأحرى أنه وتشارون يشكلان زوجا من الكواكب يدور أحدهما حول الآخر في الوقت الذي يتحركان فيه معا حول الشمس.

---

*شكل ♇ يتألف من حرف P ، L مدموجين معا. (المترجم)

وبلوتـو هو كرة ثلجية زائدة النمـو، بل وربما كان في الأصل قمرا تابعـا فر من كـوكب «أب» لعله يكـون نبتون. وهنـاك عدة قـرائن تدعم فكـرة أنه قـد حدث في وقـت ما أن مر جـرم من الخوارج بالقـرب من نبتون وأوقع الفـوضى في أقماره. وربما كان بلـوتو واحدا منهم، انـدفع خارجا وهـو الآن يطير متقلبا للداخـل والخارج من مسار نبتون، وكـأنه يحاول أن يدور في فلك حـول ذلك الكوكب في الوقت الذي يدور فيه الاثنان ببطء حول الشمس المركزية البعيدة. وذلك وضع فريد في المنظومة الشمسية كلها ـ فكل الكواكب الأخرى لها أفلاك يبتعد كل منها عن الآخرين بمسافات شاسعة.

ومن بين الأقمار الأخرى لنبتون تريتون، الـذي يسلك مسلكا غريبا. فكل الأقمار الأخرى الدانيـة تدور حول الكوكـب الأب في الاتجاه نفسه، مثلما يدور قمرنا حول الأرض، أمـا تريتون فيدور حول نبتون في الاتجاه المعـاكس. وقمرنا أيضا نمـوذجي في تتبعه للمناطق الاستـوائية متابعـا الشمس عبر السماء، أما مسار تريتون فينحرف بعشرين درجـة على خط استواء نبتون ويبدو الأمر وكأن قمرنا يحلق عاليا فوق رؤوسنا ثم يغطس تحت الأفق عندما نواجه الشمس.

وهناك أخيرا قمر آخر لنبتون هو «نيريد». ويتحرك هذا القمر بسرعة كبيرة حتى أن نبتون لا يمسك به إلا بالكاد. كما أنه لا يحافظ على مسافة بعده، فهو يأتي للداخل مقتربا ثم يتحرك مبتعدا لمسافة كبيرة في قطع ناقص ضيق. تخيل أن قمـرناً يقترب أحيـانا ليمـلأ صفحـة السماء، ثم لا يلبث أن يندفع مبتعـدا ليصبح قـرصا صغيرا بعيدا ثـم يندفع مقتربـا منا مـرة أخرى. ذلك هـو حال «نيريد» لمن يراه من سطح نبتون.

في عام ١٩٧٩ كتب ر. هـارنجتون و ت. فان فلادرن مقـالا في مجلة علـم الفلك «إيكاروس» يشرحان فيه الكيفية التي نشأت بها كل هذه الأفلاك. وقد طرحا في مقالة نظرية قابلـة للاختبار من حيث إنها تتنبأ بأن هناك كوكبا عاشرا

فيما وراء بلوتو بمسافة كبيرة.

لو أننا افترضنا أن نبتون كان له في الأصل أربعة أقمار تدور في أفلاك دائرية تقريبا، بما يشبه كثيرا أكبر أقمار المشتري، فإن كل ما نحتاج إليه بعد ذلك هو أن يكون كوكب حجمه ثلاثة أضعاف حجم الأرض قد اندفع مخترقا منظومة الأقمار. هذا الكوكب المفترس سيأسر أول قمر داخلي ويحمله بعيدا إلى أعماق الفضاء، أما القمر الثاني من حيث القرب فسيهرب وينتهي به الأمر إلى مدار بعيد، وهذا القمر هو بلوتو. في حين ينقلب مدار القمر الثالث ليصبح القمر تريتون، بينما يتمكن القمر الرابع بالكاد من أن يبقى دائرا في فلك حول نبتون وهذا هو القمر نيريد.

وليس هذا محض اختراع. فلو أنت بدأت بأربع مدارات دائرية معقولة، ثم درست تأثير جرم كبير يمر من خلالها، فإن هذه المدارات العجيبة ستنبثق طبيعيا. وهذا في واقع الأمر هو حال بلوتو وتريتون ونيريد الآن. ويتواصل البحث الآن عن الكوكب المفقود، أو الكوكب العاشر ـ الكوكب «إكس». ولعلنا سنجد عند الأطراف الخارجية البعيدة للمنظومة الشمسية أقصى الأمثلة تطرفا لما يمكن أن يحدث عندما تكون هناك «مواجهات» على مسافات جد قريبة.

ولو حدث للأرض مواجهات قريبة من هذا النوع، فسيكون فيها نهاية البشرية.

## المشتري: ملك الكواكب

يتحمس المنجمون كثيرا لاقتران الكواكب في خط واحد. ورغم أن أكثر الناس لا يأخذون التنجيم كعلم مأخذ الجد مازال كثير من الناس يعتقدون أنه قد يكون هناك أساس فيزيائي لتنبؤاته، خاصة عندما تكون كل الكواكب في

الجزء نفسه من السماء. ومن أمثلة ذلك أن أفرادا كثيرين اعتقدوا، عام ١٩٨٢، أن قوى الجاذبية المتولدة من (الاقتران الكبير) للكواكب سوف تعمل بانسجام وتوفر ميكانيزما فيزيائيا يؤدي إلى انطلاق الزلازل أو غير ذلك من الكوارث. بل إن أحد المتصوفين تنبأ وقتها بنهاية العالم.

ورغم أن هذا قد يبدو للوهلة الأولى أمرا معقولا جدا، فإن الحقيقة أن كميات القوة هنا هي ببساطة ليست مما يتضايف معا. والجاذبية هي القوة الوحيدة التي تؤثر تأثيرا يمكن قياسه في حركة الكواكب وأقمارها. وقوة الجاذبية التي تعمل بين جسمين تتناسب مع كتلتيهما وتختلف عكسيا بالنسبة لمربع المسافة التي بينهما وبكلمات أخرى، تكون الجاذبية أكبر كلما زادت كتلة الأجسام وأضعف كلما تباعدت. ونحن واقعون تحت سيطرة الشمس لأنها صاحبة أكبر كتلة فيما حولنا، وكتلتها تزيد على كتلة سائر أجرام المنظومة الشمسية بخمسمائة مرة. وفي تباين مع ذلك فإن القمر خفيف الوزن ولكنه قريب منا جدا، وقربه هذا هو الذي يجعله يقوم بدور مهم.

وكل ما عدا ذلك بعيد عنا وتأثيره غير مهم، وكمثل على ذلك فإن المشتري، وهو أكبر الكواكب، لا تتعدى كتلته ٠,٥ في المائة من كتلة الشمس وهو أبعد عنا بخمسة أمثال على الأقل.

إن حركة القمر حول الأرض تسبب حركة المد والجذر أثناء دوران القمر في فلكه. وقوة الجاذبية تضعف بالبعد، وبالتالي فإن حركة المد والجزر في المحيط الهادي تكون أقوى عندما يكون القمر فوق هاواي مباشرة عنها عندما ينعطف القمر بعيدا ليصبح فوق المحيط الأطلسي.

وبالمثل فإن دوران الكواكب يحدث المد في الشمس، مسببا نتوءات صغيرة في أعقابها. وتدور الكواكب الخارجية ببطء في فلكها، بينما تدور الكواكب

الداخلية سريعا إلى حد ما. ونادرا مايحدث أن تصبح الكواكب كلها في جانب واحد من الشمس وتتفق قوى شدها في انسجام. وقد لاحظ دعاة مايسمى بـ «ظاهرة المشتري» أنه فيما بين ١٩٧٧ و١٩٨٢ كانت الكواكب متجمعة عند الجانب الواحد نفسه من الشمس، وذهبوا إلى أن قوة الشد الجماعية للجاذبية يمكن أن تؤدي إلى مط سطح الشمس مسببة اضطرابات عظيمة عند سطحها.

وواقع الحال أننا هنا على الأرض نتأثر بالسلوك غير المستمر للشمس على نحو ربما يفوق كثيرا ما نتخيله. إن الشمس قد تبدو لنا كرة ساطعة نائية البعد عنا، إلا أن الكتلة الغازية غير المضيئة المحيطة بها تمتد إلى ماهو أبعد كثيرا من الأرض. إننا نبحر بالمعنى الحرفي للكلمة «داخل الشمس»! وبإمكان العواصف التي في الشمس المتوهجة أن تصل إلى مناطقها الخارجية وتثير الاضطرابَ بشكل مباشر في جو كوكبنا، وتحدث تداخلا في الاتصالات اللاسلكية وتؤثر في الطقس ويرى المؤمنون «بظاهرة المشتري» أن الشمس إذا حدث فيها اضطراب حقيقي، فإنها ستوقع فوضى شديدة في الطبقات العليا لجونا، وتحدث اختلالا في دوران الأرض. وسوف تسبب الرجة إجهادا لقشرة الأرض بما يسبب زلازل كارثية مع انهيار مواقعها.

وتبدو هذه الكوارث الدرامية أمرا قابلا للتصديق نتيجة للطابع المجازي بسبب من الصورة الموجودة لتلك العبارة الانفعالية «مط سطح الشمس». على أن الكواكب لا تفعل شيئا من ذلك، وتأثيرها بالغ الضآلة. والشمس تتذبذب طوال الوقت لأعلى وأسفل لأميال عديدة دون أن نشعر بذلك.

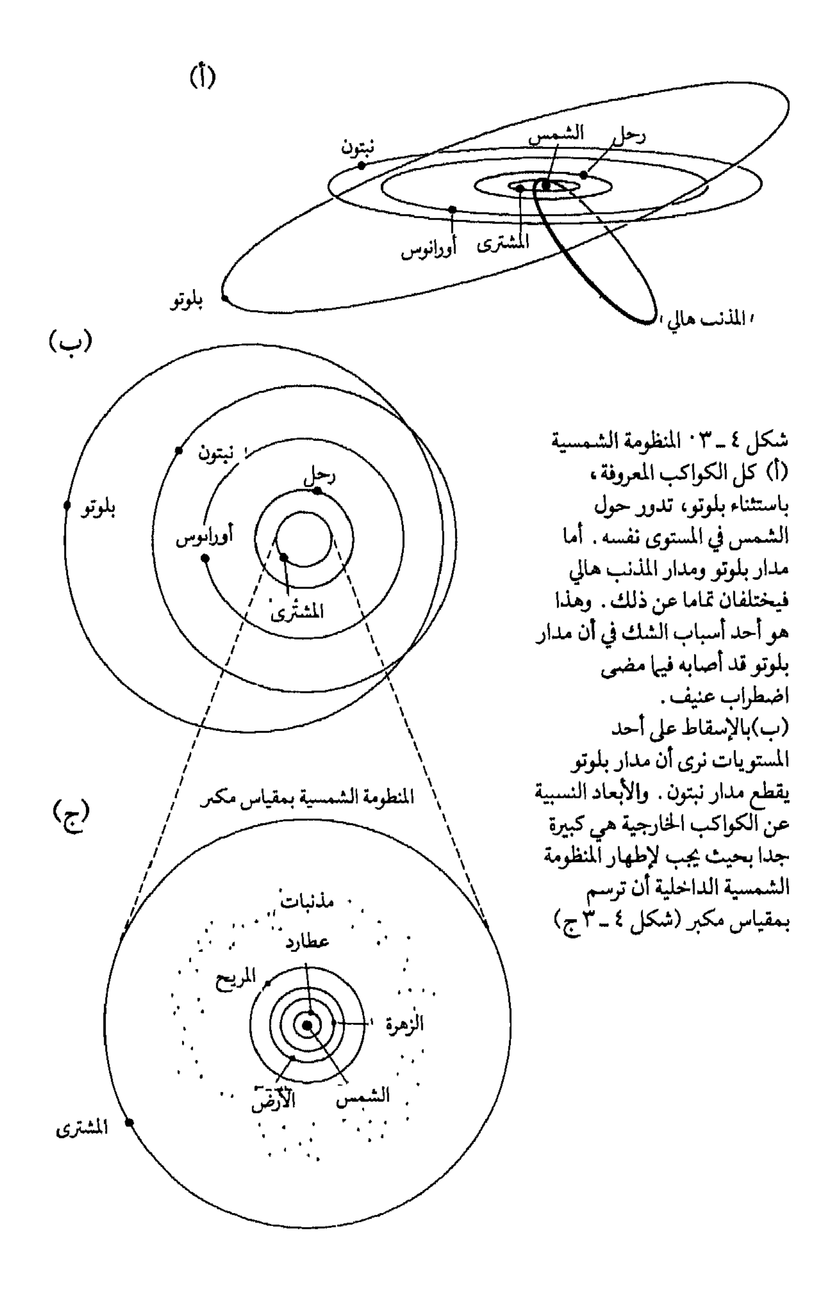
(الشمس المتوهجة يبلغ عرضها تقريبا «مليونا» واحدا من الأميال بحيث إن هذه التذبذبات يمكن أن تقارن بمقياس نسبي مع موجات المد على الأرض). والتأثير الإضافي الناجم عن اقتران الكواكب في خط واحد يبلغ

فحسب ما هو أقل من سمك هذا الكتاب. وهكذا فإن تأثير موجات المد الكوكبية في الشمس هو أضعف مليون مرة من موجات المد التي يحدثها القمر على الأرض.

والتغيرات التي تحدث في الشمس، مثلها مثل كل الحركات العشوائية، هي نتيجة قوى فاعلة، وهي في سياقنا الحالي قوة الجاذبية. ومن بين الأخطاء الشائعة في هذا الصدد الفكرة القائلة إن حركة الكواكب حول نقطة الارتكاز المشتركة تلعب دورا مهما. ويجادل أنصار تلك الفكرة الخاطئة بأنه عندما تكون الكواكب الخارجية العملاقة كلها في صف واحد. فإن مركز الشمس سيكون أبعد مايكون عن مركز المنظومة الشمسية، وهكذا فإن الشمس سوف «تُشد إلى الاتجاه المعاكس لتوازن التأثير المضاف للكواكب».

على أن نقطة الارتكاز لا تلعب أي دور في تحديد حجم القوى التي تؤثر في الشمس أو في أي مكان آخر. وعلينا أن نتذكر ذلك جيدا قبل أن نذهب بعيدا مع التنبؤات حول الكوارث التي تنشأ عن الكواكب «البعيدة»، فالأطراف الخارجية للمنظومة الشمسية بعيدة بها لا يصدق. ومسافة الابتعاد عن الشمس تتضاعف على وجه التقريب مع كل كوكب متتال (ولنتذكر أرقام بود في بداية هذا الفصل) وهكذا فإن رحلة تحملك من الشمس إلى المشتري، مارة عبر عطارد والزهرة والأرض والمريخ وحزام الكويكبات، لن تصل بك إلا إلى منتصف الطريق إلى زحل. وعندما تصل إلى زحل ستكون لاتزال في منتصف الطريق إلى أورانوس، وأورانوس هو نقطة المنتصف فحسب في الرحلة إلى نبتون (انظر شكل ٤ ـ ٣).

فإذا لم يكن ذلك كافيا لأن يجعل الكواكب الخارجية عديمة التأثير، فهناك أيضا حقيقة أن قوى المد تنجم عن «الفارق» بين قوى الجاذبية على الجسم المعني، وهذه القوى تذوى في تناسب طردي «مكعب» مسافة البعد: فإذا




شكل ٤ ـ ٠٣ المنظومة الشمسية
(أ) كل الكواكب المعروفة، باستثناء بلوتو، تدور حول الشمس في المستوى نفسه. أما مدار بلوتو ومدار المذنب هالي فيختلفان تماما عن ذلك. وهذا هو أحد أسباب الشك في أن مدار بلوتو قد أصابه فيما مضى اضطراب عنيف.
(ب)بالإسقاط على أحد المستويات نرى أن مدار بلوتو يقطع مدار نبتون. والأبعاد النسبية عن الكواكب الخارجية هي كبيرة جدا بحيث يجب لإظهار المنظومة الشمسية الداخلية أن ترسم بمقياس مكبر (شكل ٤ ـ ٣ ج)

زادت مسافة البعد مرتين يدوى التأثير بثمانيـة أمثال. ونتيجة لذلك إن عطارد الصغير القريب يحدث مـدا في الشمس يكاد يماثل في تأثيره مـايحدثه المشتري الجبار البعيـد كما أن تأثير الزهـرة مقارب لتأثير المشتري، والمشتري أقـل أهمية من عطارد والزهرة والأرض مجتمعة.

ومع ذلك فإن المشتري يمكن أن يسبب لنا مشاكل بطريقة «غير مباشرة». فعندما تندفع المذنبات من أعماق الفضـاء الباردة، فإنها قد تمر على مقربة من الكـواكب الخارجيـة الضخمـة وتقع تحت تأثير شدهـا. وبـدلا من أن تـدور المذنبات للداخل حول الشمس ثم تبتعد ثانية إلى الفضاء البعيد، فإنها يمكن أن تدفع كقـذيفة المقلاع في مسـار جديد. ومعظم المذنبـات تقع أسيرة أفلاك تـدور حـول الشمس، وهي تلف في مـدارات وقطع نـاقص ضيق، كما يفعل المذنب هالي. وبعضها الآخر ينتهي إلى مسارات تقطع مسارات الكواكب.

ويكاد يكـون من المحتم أنه سيحـدث يومـا ما أن يتجـه أحدهـا إلى نقطة الفضـاء نفسها التي تتجـه الأرض إليها، كما حـدث في يونيـو ١٩٠٨ عندمـا اصطـدمت الأرض بعشرة مـلايين طن من الصخـر والثلج هبطت من السماء فوق سيبيريا.

وإذا كنت ممن يراهنون على الكارثة الطبيعيـة الكونية الأكثر احتمالا فسوف يأتي في مقـدمتهـا احتمال الاصطـدام بكـويكـب أو بقطعـة كبيرة من مـذنب خامد.

# الفصل الرابع

# دجاجة تدور في دائرة

## المذنبات

في الثلاثين من أغسطس عام ١٩٧٩ سجل قمر صناعي يدور حول الأرض حدثا كارثيا، هو موت أحد الأجرام السماوية. فقد سيطرت جاذبية الشمس على مذنب يسمى «هوارد ـ كومين ـ ميتشلز ١٩٧٩ ـ XI» فهوى مندفعا برأسه إلى فرنها النجمي. وفي ثوان معدودة تم إفناء هذا المذنب الذي يكبر الأرض حجما. فقد أدت قوة الشمس الهائلة إلى تبخر المذنب بمثل مايفني الفيل نملة. وتبعثر الحطام لملايين الأميال في جو الشمس.

وترجع المذنبات إلى بداية نشوء المنظومة الشمسية، ولعلها بين أعضاء المنظومة هي أكثرها أولية. وهي عبارة عن كرات من الحصى والثلج، وتقضي أكثر الوقت في الفضاء العميق فيما وراء بلوتو حيث لا نحس نحن بها حتى تندفع واحدة منها مقتربة من مجال رؤيتنا في مسار حلقي متجه للشمس وملتف من ورائها عائدا مرة أخرى إلى أعماق الفضاء.

ويتجمد رأس المذنب تجمدا شديدا وهو بعيد عن الشمس حيث تصل درجة الحرارة السائدة إلى « ــ ٢٧٠ » درجة مئوية. ويحوي الثلج المواد الخام للحياة: الأمونيا والميثان والأحماض الأمينية وقد تجمدت تجمدا شديدا. وقد طرح بعض العلماء فرضية تقول إن اصطدامات المذنبات ربما تكون قد أثرت في تشكيل مناخ كوكب الأرض في بدايات نشوئه وجلبت الجزيئات العضوية الأولية اللازمة لفترة التطور ماقبل البيولوجي.

وعنـدما تقترب المذنبـات من الشمس، فإن حـرارتها تبخـر الثلج. وينبجس الغاز والغبار فيعكسان ضوء الشمس، فيبدو المذنب لنا على الأرض كرأس لامع، أو كذؤابـة. وتتألف نواة المذنـب من كتلة أو كتلتين من الصخـر قطرها نحـو ميل واحد. وعادة مـاتكون الذؤابة أكبر من الأرض وقـد يبلغ عرضها ١٠٠ ألف ميل. وتقـوم الـريــاح الشمسيـة (جسيمات ذات سرعـة عـاليــة تأتي من الشمس) هي والإشعاع بـدفع جسيمات غبار دقيقة جدا من الـذؤابة، كما يندفع منها أيضـا غاز متأين، ممـا يشكل ذيـلا طـويلا يشير دائما إلى الاتجاه البعيـد عن الشمس. وهـذا الذيل يمكن أن يمتد لمسافات هائلة، بل قد يبلغ طوله عرض المسافة بين الشمس والأرض. وهذا الشكل المطول في السماء هو التوقيع المميز للمذنب، وهو ما قد تم تسجيله على سجاد بايو وفي اللوحات المصورة وفي الأدب.

ويطلق الثلج الـذائب قطع الحجارة وتكـون النتيجة أن يتحـول المذنب في النهايـة إلى كرة من الحصى حجمهـا ميل واحد ووزنها يـزيد على مليـون بليون طن. ورغم مايبدو من ضخامة هذا الوزن فإنه يعد تافها إذا قيس بوزن الأرض وغيرهـا مـن الأجـرام السماويـة. وفي حــدود مـا نعلم فـإن المذنبـات لا تثير الاضطراب قط في حـركات الكواكب أو حتى أقمارها. ففي عـام ١٧٧٠ وعام ١٨٨٦ مـرت مـذنبـات بين أقمار المشتري دون أن تحدث أي تأثير ملحـوظ في حركة الأقمار، على الـرغم من أن مسار المذنبات المنحني كالقذيفـة قد انحرف انحرافـا له دلالته. وهكذا فإن مـرور مذنب على مقربة من الأرض لن يـؤثر في مسارها، وسيتطلب الأمر مايزيد على مذنب حتى يمكن الإطاحة بنا مندفعين قدما للشمس أو منقلبين في أعماق الفضاء.

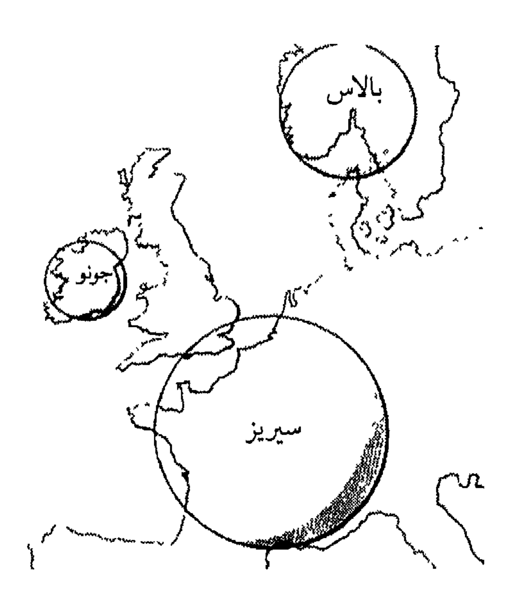
أما الأمـر الخطير حقا فهو الضربة المبـاشرة. فالمذنبات تتحرك بسرعـة عدة أميال في الثانية، وهو ما ينطبق على الأرض أيضـا، وبالتالي فإن اصطدام كتلة صخرية حجمها ميل مباشرة بالأرض لن يكون أمرا هينا.

ولنذكر هنا أن الاصطدامات التي وقعت في أريزونا وتنجوسكا حدثت بفعل كتل صخرية عرضها ١٠٠ متر فحسب.

وتمر بعض المذنبات بالقرب من الكواكب الكبرى، أي المشتري وزحل، فتنشد إليها وتتحطم قطع صغيرة منها لتنفصل بعيدا مخلفة ذيلا وراء الكتلة الرئيسية. والحلقات الجميلة المحيطة بزحل هي فيما يحتمل قطع من مذنبات خامدة، وكذلك أيضا الحلقات المحيطة بالمشتري، والتي لم تعرف إلا بعد وصول سفينة الفضاء فوياجير إلى هناك. وفي يناير ١٩٨٦ وصلت فوياجير إلى أورانوس وكشفت لنا عن وجود حلقات هناك. وهكذا فإن شظايا المذنبات موجودة في كل مكان.

وهناك حلقات هائلة حول الشمس. وعندما تمر الأرض خلال واحدة منها فإننا نتعرض لوابل من الشهب مع احتراق الغبار في جونا. وتصل بعض القطع الأكبر حجما إلى الأرض كنيازك. وقد تظل تواصل الدوران زمنا طويلا بعد أن تكون القطع الأخرى قد تفرقت أو احترقت بالاصطدام. وتشكل رؤوس المذنبات الخامدة تلك بعض الكويكبات.

ويبلغ حجم أكبر الكويكبات حجم بعض البلدان. فسيريز يغطي عرضه مساحة فرنسا وبلجيكا معا. أما بالاس وفستا فهما في حجم جنوب إسكندنافيا، على حين يبلغ جونو حجم أيرلندا (انظر شكل ٤ ــ ١). ولا يقترب أي من هذه الأجرام من مدارنا ليهددنا، لكن هناك كويكبات أصغر كثيرا تقطع فعلا مدار الأرض. وهذه الأجرام الخوارج تدعى «أجرام أبوللو» وتستقي اسمها هذا من اسم كويكب أبوللو الذي يبلغ قطره نصف الميل، والذي تم اكتشافه عندما اقترب من الأرض عام ١٩٣٢.




شكل ٤ ـ ١ : الكويكبات . حجم الكويكبات مقارنا بالبلدان الأوروبية .
فسيريز وهو أكبرها يغطي مساحة فرنسا ، وبالاس يغطي مساحة جنوب
النرويج والسويد ، وحجم جونو يقارب حجم أيرلندا

## أجرام أبوللو

يتضح من الأبحاث الحديثة عن الكـويكبات التي تقطع مسار الأرض أنها يمكن أن تكون عـديدة . ولا يـزيد قطـر أي منها على أميـال معدودة ، ولكن الاصطدام بواحد منها قد يبث الـدمار لمئات الأميال ويحدث اضطرابا في الجو بما يسبب على الأقل عواصف هائلة .

وقد ظهرت أول إشارة لمثل هـذا الاحتمال الرهيب عام ١٨٩٨ مع اكتشاف إيـروس ، وهـو كـويكب تـابع لمدار المريخ . ولأول مـرة يتبين علماء الفلك أن الكويكبات ليست مقصورة على المنطقة الواقعة بين المشتري والمريخ . فإيروس يستغرق في دورانه حول الشمس مدة لا تـزيد إلا شهورا قليلة على مدة دوراننا

حولها. وهـو إذ يفعل ذلك يدنـو مقتربا منـا بأكثر مما اقتربنـا في أي وقت من كوكب الزهرة، الجار الأقرب لنا بين الكواكب. وسرعان ماظهرت أمثلة أخرى من الكويكبات الهائمة. ففي عام ١٩١١ عثر على كويكب صغير سمي اسما سهلا هـو ألبرت، وما لبث أن فُقِـد، ولم يظهر له أثـر بعد ذلك. وهـو مايثير بعض دواعي القلق، فهنـاك كـويكبات تقطع مـدار الأرض ونحن لا نعـرف نظام دورانها على وجه الدقة أو لا نعرفه مطلقا.

وتدريجيا، ومع ظهور أمثلة أخرى، زادت احتمالات المخاطر زيادة حادة. ففي عام ١٩٣٠ اقترب أبوللـو إلى مسافة تبعد عنا بسبعـة ملايين من الأميال. ومع أن هذه المسافة قـد تبدو شاسعة جدا بالنسبة لنا، تقـريبا أبعد ثلاثين مرة على بعد القمر عنـا، فإن القمر يظل على مسافـة منتظمة منا. أما أبـوللو فهو يدور ملتفا ليبتعد ثم لا يلبث أن يندفع مقتربا وهو يقطع مدارنا. والحقيقة أنه فاته لقاؤنـا بزمن لا يتعدى ستة أسابيع فحسب. ولـو كان مدار الأرض أقرب للشمس بمائة ميل فقط، لكنا بذلك نتحرك بالسرعة الكافية للوصول إلى نقطة التقاطع مبكرين بهذه الأسابيع الستة.

وفي عام ١٩٣٦ ظهر أدونيس وفاته لقاؤنا بما يقل عن ١٢ يوما. أي معدل المخاطر آخـذ في التزايد. وفي عام ١٩٣٧ كـانت أقرب فرصة لـلالتقاء بنا هي اللقاء بهرمس، وهو كـويكب قطره ميل واحد. وقد قطع مـدارنا في زمن سبق وصولنـا إلى النقطة الحرجة بأقل من سـت ساعات. وست سـاعات هي زمن أقل مما يستغرقه عبور طائرة للأطلسي.

وليس هناك مـايدل على أن هـذه الأحداث غير عـادية. ففي ٢٠ أكتـوبر ١٩٧٦ كانت فترة فـوات اللقاء بنا أقل من نصف يـوم. وإذا كنت تحس واثقا بأنه «من المؤكد أننا أصبحنا نعـرف الآن كل الجدول الزمني وأنه لن تكون هناك أي صـدمات جـديـدة» فإني أعرض عليك مـاحـدث ليلة ٢٨ فبرايـر ١٩٨٢ عندما تم اكتشاف ما سمي بـ «ملامسي الأرض» Earth grazers.

فقد اكتشف هـ. تشوستر في مرصد بشيلي كويكبا يأتي قريبا من مدارنا ولكنه لا يقطعه قط. وفي الليلة نفسها في وقت أكثر تأخرا رصد إ. هلين في مرصد بالومار بكاليفورنيا كويكبا قريبا على نحو ينذر بالخطر وبتتبع مساره من ليلة إلى أخرى تبين أنه يطير مبتعدا عنا بعد أن قطع مدارنا بالفعل مرتين! ذلك أنه وهو في طريقه إلى الشمس قطع مدارنا قبل ذلك بثلاثة أشهر ثم فعل ذلك ثانية وهو يرحل مبتعدا وذلك قبل أن تراه الآنسة هلين بثلاثة أسابيع فقط. ولم يكتشف أحد وجوده أثناء اتجاهه لمدارنا. وفي هذا مايلقي الضوء على إحدى المشكلات الرئيسية: فأجرام أبوللو هذه كبيرة بما يكفي لتلحق بنا ضررا بالغا، لكنه أصغر من أن يتم اكتشافها بسهولة.

وفي عام ١٩٨٧ مر الكويكب إيكاروس على مبعدة ٤ ملايين ميل منا ـ أي بمسافة توازي ستة عشر ضعفا لبعد القمر عنا. وأحيانا يكون إيكاروس هو أقرب جرم رئيسي إلى الشمس. وعندما يكون في أدنى اقتراب منها فإنه يطير داخل مدار عطارد ثم يندفع إلى الخارج مارا بالقرب من الزهرة والأرض والمريخ قبل أن ينعطف ثانية ليدور قريبا من المشتري. ومدار إيكاروس منتظم، وسيمر وقت طويل قبل أن يقترب منا كما حدث عام ١٩٨٣.

على أن اقتراباته الوثيقة بواحد أو آخر من الأجرام المختلفة التي يمر بها أثناء مغامراته يمكن أن تثير اضطرابا في مدار ذلك الجرم بحيث إنه قد يشكل أحد المخاطر في المستقبل البعيد.

وفي المرة الأخيرة التي اقترب فيها إيكاروس منا سأل العلماء أنفسهم، في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا: ما الإجراء الذي يمكننا اتخاذه لو اكتشفنا ذات يوم أن كويكبا يتجه إلينا مباشرة؟

والتقطت هوليوود هذه الفكرة.

ولم تكن الحماسة تعوز صانعي الفيلم في عملهم. فهم لم يكتفوا بكارثة من

ضربة واحدة، وإنما تناولت حكايتهم اصطدام مذنب وكويكب في الخارج في نطاق مابعد المريخ. وأدى الاصطدام إلى تفتت هـذه الأجرام لشظايا عديدة، اتجه بعضهـا إلى الأرض. واكتشف العلماء في أول الأمـر رأس المذنب الكبير في الخارج بالفضـاء، وأدركوا أنه يتجه مبـاشرة إلينا، واشتركت الولايـات المتحدة والاتحاد السوفييتي في إطلاق كل أسلحتهما النووية بصواريخ موجهة إلى الجرم الغـازي بهدف تحطيمـــه عـاليـــا وحـرف مسـاره، أو على الأقل تقليـل آثـار الاصطدام به.

ولزيادة إحكام التوتر، جعلت القصـة بعض الشظايا تتجه إلى الأرض متقدمة عن كتلة الصخـرة الرئيسيـة، وارتطمت هذه الشظـايا الصغيرة بنيـويورك وبعض المدن الرئيسيـة الأخرى (وهي دقة غـريبة في التسديـد حيث إن الاحتمال الأكبر هو أن تحط الشظايا في البحـر أو في البراري الواسعة كما ذكرنـا في الفصل الثاني). وفي النهاية حطت الكتلة المركزية هابطة في فيلم الكارثة هذا لتسحق الكل.

ويعـد «هيفا يستـوس» أكبر جـرم معروف من أجـرام أبـوللو في الـوقت الحالي ويبلغ عرضـه ٦ أميال. وسوف نرى في الفصل الخامس أن أحـد الكويكبات ربما كان السبب في انقـراض الدينـاصورات منذ ٦٥ مليـون سنة. والكـويكب المشبوه السالف الـذكر يبلغ عـرضه ٥ ـ ١٢ ميـلا. وهكذا يتضح أن هناك فـرصة لـوقوع اصطدام يهدد الحياة، وإن كانت أجرام أبوللو المعروفة لا تجعل هذا الأمر مرجحا، اللهم إلا في حالة واحدة، فنحن الآن لدينا تجهيـزات نووية فوق كوكبنا. ولو أدى اصطدام لتدمير هذه التجهيزات فإن النتائج ستكون بالغة الخطورة.

لقـد وصلنـا خـلال هـذا القرن، في منـاسبـات عـديـدة، إلى أن يخطئنـا الاصطدام بأحد الكـويكبات بزمن لا يتعدى عدة أيام وحتى عـدة ساعات. وليس هنـاك مـايـدل على أن المستقبـل سيكـون مختلفـا، فكل عـدة سنـوات سيقترب أحد أجـرام أبوللـو، التي تقطع مدار الأرض، منـا بحيث لن تفصله

عن الاصطدام بنا سوى ساعات معدودة. ومن المؤكد أنه بمرور الوقت سيحدث اصطدام مباشر بيننا وبين واحد منها، على أن حساب الاحتمالات يستبعد أن يحدث ذلك أثناء حياتنا.

## الشهب

يفوق أجرام أبوللو في العدد حطام المذنبات الأصغر الذي يسبب وابلات الشهب السنوية. ونحن نمر خلال هذا الحطام، ثم نرحل حول الشمس لسنة كاملة قبل أن نعود ثانية للموضع النسبي نفسه ونمر خلال حلقة الحطام ثانية. ورغم أن الحلقة ككل تبدو ساكنة، فإنها في حركة دائمة في واقع الأمر وتتكون هذه الحلقة من قطع من الحصى والغبار تدور هي نفسها حول الشمس. وتمر قطعة حجر مندفعة تتلوها قطعة أخرى وأخرى، بحيث يكون هناك تيار من القطع يستمر طوال الوقت.

ومعظم قطع الغبار الفردية في تيار الشهب لا تزن سوى بضعة جرامات، ولكن لا يستبعد أن يكون هناك رأس مذنب كامن، عرضه بضعة أميال ـ يمثل كويكبا من كويكبات أبوللو في طريقه إلى التشكل. ومن المحتمل جدا أن يكون هناك الكثير من كتل الصخر الكبيرة التي يمكن أن تتصادم وتترك أثرا كبيرا. فإذا كان ذلك صحيحا فمعنى ذلك أن الأرض تعبر في كل عام طريقا رئيسيا مهلكا تبلغ سرعة الأجسام المارة فيه ٣٠ ميلا في الثانية، ورغم أن معظمها هو فتات صغيرة فإنه من الممكن أن يكون هناك جلمود أو جلمودان بحجم الجبال.

وذلك يشبه لعبة الدجاجة التي تظل تدور في أرجوحة دوارة. إن الأرض تدور وتدور، وتخطىء الاصطدام بالرأس الكبير هذه المرة، ثم مرة أخرى، وثالثة، إلى أن تنفد في النهاية احتمالات الإفلات فيتم الاصطدام بنا.

وإذا حدث لمذنب أن تم تدميره تماما فإن حطامه قد يتوزع توزيعا منتظما على كل فلكه. ونحن نشهد عرض الشهب في الليالي نفسها من كل سنة إذ نمر من خلال المدار، وكثافة مايعرض تكون متماثلة من عام إلى آخر. على أنه إذا كان المذنب مازال موجوداً، أو إذا ماحدث له دمار جزئي فحسب، فإن كثافة الحطام يمكن أن يختلف توزيعها تماما، فتكون الكثافة كبيرة فيما يجاور الرأس، أما بعيدا عن الرأس فتكون بالغة الضآلة. وفي هذه الحالة يصبح لوابل الشهب ذروات درامية في سنين معينة عندما نمر على مقربة من الرأس، على حين يكون الذيل بلا تأثير يذكر فيما بين ذلك من سنوات.

وهناك في كل عام عدد محدود من تيارات الشهب الرئيسية، من بينها تيار شهب ليونيد (١٢ نوفمبر)، وشهب بيرسايد (منتصف أغسطس)، وشهب بيتاتوريد (ذروتها في ٢٩ يونيو) وشهب جمينيد (١٤ ديسمبر). ولنتناول فيما يلي كلا منها على حدة.

عندما يحدث وابل ليونيد في نوفمبر من كل عام يكون معدل حدوث الشهب نحو ١٠ شهب في الساعة. وهناك لوحة حفر في الخشب في المتحف الأمريكي للتاريخ الطبيعي تبين مئات الذيول لشهب في وابل ليونيد. وهو رقم مبالغ فيه حتى لو أخذنا عنصر المبالغة الفنية في الاعتبار، على أنه لابد أن وابلا مثيرا قد وقع، ولكن لابد من أنه كان هناك وابل مثير ذات عام حتى يحدث هذا الانطباع عند الفنان.

وكان وابل الشهب العظيم الذي حدث في ١٢ نوفمبر ١٨٣٣ هو ما أثار حقا بداية الدراسة الجادة للشهب. وكانت مئات الآلاف منها قد شوهدت على طول الساحل الشرقي لأمريكا الشمالية، وبدت كلها وكأنها تشع من نقطة في كوكبة الأسد (ليو) ومن هنا كان اسم «ليونيد» ولم يكن مهما أين يكون مكانك، سواء في نيويورك أو في الجنوب، ذلك أن الظاهرة المشعة هي موجودة

في النقطة نفسها بالنسبة للجميع. وقد بين هذا أن الشهب كانت آتية من خارج الجو وأن تفرقها الظاهري من نقطة واحدة هو ببساطة من تأثير قواعد المنظور: فالشهب تتحرك في مسالك متوازية في واقع الأمر.

ويرجع تاريخ تسجيلات وابل ليونيد إلى سنة ٩٠٢ بعد الميلاد. والحقيقة أن الفتح النورماندي كان مثقلا بالأنوار؛ فقد صاحبه المذنب هالي ثم تبعه عرض من وابل ليونيد بالغ ذروته. وفي داخل حلقة الحطام هناك منطقة عالية الكثافة تدور حول الشمس كل ٣٣ سنة، ومن الواضح أن هذه المنطقة هي بقايا رأس مذنب حيث تحطمت قطعه الأخيرة. وكلما زدنا اقترابا من الجزء الأكثر كثافة ونحن نعبر الطريق، زاد العرض إثارة. وفي عامي ١٨٣٣، و١٨٦٦ كان الوابل ساطعا جدا ولكنه في عامي ١٨٩٩ و١٩٣٢ أصبح بالمقارنة شاحبا نوعا، وإن كان لم يزل أكثر سطوعا مما في السنوات البينية. ثم عادت شهب ليونيد لتصبح مثيرة مرة ثانية في ١٩٦٦، حيث وصل عددها في إحدى المراحل إلى ١٠ آلاف شهاب في الساعة. . ترى ما الذي تنذر به سنة ١٩٩٩؟

تقول بعض تفسيرات نبوءات نوستراداموس إن «الرؤيا» ستتحقق في تلك السنة تحديدا. وفضلا عن ذلك فإن أحد المذنبات سينذر بقدومها نحو ٢١ يونيو. وهكذا فإن تلك السنة تبدو واعدة، على أن هذا التاريخ على صلة بشهب بيتاتوريد أوثق من صلته بشهب ليونيد. وتتضمن النبوءة أيضا أن المذنب سوف يأتي من برج الدب الأصغر بدلا من الأسد، ولعل في هذا مايجلب الراحة لك.

على أنه من غير المرجح ـ سواء أكان نوستراداموس قد فسر تفسيرا صحيحا أم لا، بل وحتى لو افترضنا أنه صحيح ـ أن تكون شهب ليونيد مصدرا للاصطدام بمذنب. فعندما يهبط وابل من عشرات الآلاف من الشهب في الساعة، فإنه يكون من الواضح أننا نمر من خلال رأس مذنب قد تم بالفعل

تحطيمــه ويصبح من غير المحتمل أن يكـون قــد تبقى فيهــا أي لب ضخم ليصطدم بنا .

ولنكتف بهذا القدر عن شهـب ليونيد . أمـا شهب بيرسايـد التي تظهر في أغسطس كل عام فمدعاة لحيرة أكبر. وكانـت هذه الشهب تعرف ذات يوم بـ «دموع القـديس لورانس» . وهي تظهر في عـرض سنوي ثابت بسرعـة شهاب واحد تقريبا في الدقيقة عند ذروتها في ١٢ أغسطس، ويمتد العرض لأسبوعين قبل وبعد هذا التاريخ، ولكن بصورة أقل إثارة، أو أن هذا على الأقل ماظلت عليه الحال حتى عامي ١٩٨٠ و١٩٨١ عندمـا زاد سطوع هذا التيار الشهبي : فجأة. وربما يكون في ذلك مـا يثير القلق سنة ٢١٠٢ للسبب التالي ــ وهو أن علماء الفلك قد فقدوا أثر أحد المذنبات .

فمذنب «سويفت تاتل» يدور حول الشمس في دورة تستغرق ١٢١ سنة . وقد تمت رؤيته آخر مرة في ١٨٦٠ وكان ينبغي أن يعود عام ١٩٨١ لكنه لم يظهر.

لكن أي مذنب لا يمكن أن ينحرف فجـأة عن خط سيره ـ تماما مثلما لا يمكن للأرض أن تفعل ذلـك ـ إذ هو جزء من المنظومـة الشمسية ويـدور حول الشمس تحت تأثير قــوى الجاذبيـة نفسهـا التي تمسـك بـالأرض والكـواكـب الأخـرى في مساراتها . فإذا ما فشل مذنب في الظهور فلابد أنه قد مات وتحطم .

وهذا يتلاءم وماحدث من سطوع مفاجىء في شهب بيرسايد في تلك السنة نفسها ، حيث تمثل شهب البرسـايد نفاية ذلك التحطم . أمـا المسألة الكبرى المجهولة فهي : هل هناك جرم كبير مجهول؟ هل هناك قطعة هائلة من الصخر تدور فيما حولنا؟ ربما يجد أحفادنـا الإجابة عن ذلك السؤال فيما بعد في أي من السنوات ٢١٠٢ أو ٢٢٢٣ أو ٢٣٤٤، ٢٤٧٥ .

والآن لعلك تظن أني أحاول أن أقنعك بوقـوع أحداث هي في الأساس غير

مرجحة الحدوث. وحتى أزيل أي إحساس متبق بالطمأنينة في هذا الصدد، فلنتأمل معا حالة وابل شهب بيتاتوريد، وهي ظاهرة من أشد ظواهر الطبيعة تدميرا خلال هذا القرن.

يصل وابل شهب بيتاتوريد إلى أقصى ذروته في ٢٩ يونيو من كل عام. وقد حدث في صباح ٣٠ يونيو ١٩٠٨ أن مرت كرة هائلة من النيران في خط عبر السماء لتسوي بالأرض مساحة مقدارها ٧ آلاف ميل مربع من الغابات في وادي تنجوسكا. ومن التقارير التي وردت عن درجة التوهج وحجم الدمار قدر العلماء أن قوة الانفجار كانت تماثل الانفجار الناتج عن قنبلة هيدروجينية كبيرة. وقد طرحت عدة تفسيرات تتسم بطابع الإثارة، فأحد التفسيرات قال إن غرباء قاموا بزيارة الأرض في سفينة فضاء ذات محرك ذري، وأن السفينة هوت متحطمة، وقال تفسير آخر إن ضديد المادة Anti matter قد ضرب الأرض، على حين رأى تفسير ثالث أن ثقبا أسود مصغرا ارتطم بالأرض. على أن كل هذه التفسيرات تتجاهل حقائق مهمة. فلا يوجد أي نشاط إشعاعي في الموضع المذكور، وهكذا لا مجال لأي انفجارات نووية من أغراب عن الأرض. ولو كان هناك ضديد مادة لأحدث تفجرات من أشعة جاما ولتخلفت آثار من النشاط الإشعاعي. أما الثقوب السوداء المصغرة، إن كان لها وجود أصلا، فإنها لو اصطدمت بالأرض لخرجت من جانبها الآخر (هذا إن لم تلتهم الأرض في غضون ذلك)، لكن ليس هناك أي تسجيل لظواهر مذهلة في المحيط الأطلسي في ذلك اليوم. إن بإمكانك أن تختار أي تفسير غريب شئت، ولكن هناك تفسيرا طبيعيا يتناسب مع كل الحقائق.

إن العلماء يجمعون على أن جزءا كبيرا من أحد المذنبات قد ارتطم بالأرض في ذلك اليوم. ونواة المذنب هشة حيث إنها كرة ثلج مليئة بالحصى، وهكذا فإنها عندما تحطمت لم تترك أثرا لحفرة مطبوعة وإن كانت قد أحدثت دمارا

هـائلا في الموقع ، وأثارت اضطـرابا في الجو. ونحن في هـذه المناسبـة قد لعبنـا لعبة الدجـاجة التي ظلت تدور في دائرة زمنا أكثـر مما ينبغي حتى ارتطمت بنا قطعة كبيرة. وربما كان في هذا ما يـدل على أن المذنب المرافق لشهب بيتاتوريد قد تحطم الآن نهائيا، ولم يعد هناك أي داع لأن نقلق بعد بشأنه.

وأخيرا فهنـاك شهب جمينيـد، التي تـرتطم بنـا كلما حل الثـالث عشر من ديسمبر. وفي عام ١٩٨٣ اكتشف أحد الأقمار الصناعيـة التي تحمل كشافات حساسة بالأشعة تحت الحمراء (القمر الصناعي الفلكي إيراس IRAS*) أحد المذنبات. وقـد أعطى لهذا المذنب الاسم الكودي «١٩٨٣ تي بي» وقـد لوحظ أن مداره مطابق لتيار شهب جمينيد.

اكتشف القمر الصنـاعي هذا المذنب في أكتـوبر ١٩٨٣ ، وبعـد أن راقبه طيلة يـومين رسم خريطـة لمساره. وبدا أنـه يتجه مبـاشرة إلى الأرض مع توقع اصطدامه بها في ١٣ ديسمبر! وإذ مـرت أيام أخرى واقترب المذنب من الأرض قـام العلماء بمراقبتـه بحرص أشـد فأخذوا يفطنـون إلى أنه ليس تمامـا في خط واحد مع الأرض. فعلى البعد قد يبدو أحد الأجرام وكأنه يتجه إليك، في حين أنه عندما يقترب يصبح منظورك أفضل فترى أنه سيخطىء الاصطدام بك على مسافة قريبة. وهذا هو ما انتهت إليه الحال مع ١٩٨٣ تي بي (ومن الواضح أن ذلك هو ماحـدث، وإلا لكنا قد تنبهنا لما فعله بنا!). وقـد مر المذنب ماتبين الأرض والشمس، وهذه مسافـة تعد قريبة بالمقيـاس الفلكي، قريبة بما يكفي لأن تراه رؤية العين ليالي معدودة فيما يحتمل.

ولم يكن هـذا المذنب ساطعـا بشكل خـاص ولعله كـان مشرفا على نهايـة حياتـه. وقد تـم حساب مـداره ووجد أنه سيعـود دوريا في نطاق مسـافة تبلغ

* الاسم «إيراس» من الحروف الأولى لاسم القمر الصناعي الإنجليزي Infrared astronomical Satellite (المترجم)

عُشر بعد الأرض عن الشمس، أي في نطاق ١٠ ملايين ميل. وسوف يحدث المشتري، وهو أكبر الكواكب كتلة، اضطرابا في مدار هذا المذنب ويشده بعيدا عنا. وبعد عام ٢١٥٠ سيكون خارج مدار الأرض بالكلية، وهكذا فليس هناك مانخشاه من هذا المذنب.

وعلى أي حال، فإنه يمكننا أن نكون واثقين من أنه توجد في أعماق الفضاء مذنبات أخرى تتجه الآن نحونا. سيخطىء معظمها الاصطدام بنا على مسافة ١٠٠ مليون ميل أو أكثر وسيقطع أحدها مدارنا كما حدث في ١٩٨٣.

لقد أدت شظية عرضها ١٠٠ متر إلى تدمير واد غير مأهول في سيبيريا عام ١٩٠٨ ترى أين ومتى تكون الضربة التالية؟

## نمسيس والكوكب المفقود

خلال الثمانينيات من هذا القرن عرفنا عن موقعنا في الكون أكثر من كل ما عرفناه قبل ذلك التاريخ. على أننا كشفنا في الوقت ذاته عن منطقة واسعة بصورة مذهلة من الجهل بما يدور في فنائنا الخلفي.

هناك الآن تلسكوبات حديثة تمعن النظر في أعماق الفضاء فتكشف عن آلاف من مجرات النجوم. ولهذه المجرات أشكال لولبية ودائرية ومن قطع ناقص وأشكال أخرى غير ذلك. ويمكننا أن نرقب المجرات وإحداها تشد الأخرى بما بينهما من قوة جاذبية متبادلة مما يؤدي إلى التمدد والتشوه. وقد درسنا نجوما كثيرة من داخل مجرتنا (درب التبانة) دراسة تفصيلية. فنحن نعرف الآن كيف تمت ولادتها، وكيف تعيش وكيف تموت. ونحن نتعلم بسرعة الكثير عن منظومتنا الشمسية فيما هو قريب من ديارنا، وتساعدنا في ذلك رحلات الفضاء. وهكذا طبعت الأقدام البشرية علاماتها على القمر، على حين رست سفينة روبوت فوق المريخ، وأرسلنا سفن فضاء هي بمنزلة مجسات

تصور المشتري وأورانوس، وسرعان ما سوف تصل إلى نبتون، كما طارت سفن عبر مدار مذنب هالي. بل إن هناك خططا لإرسال سفينة مجس إلى الشمس. على أننا لم نحط بعد على أحد الكويكبات ولا حتى طرنا بجوار واحد منها. وهكذا فمازال أمامنا الكثير لنتعلمه.

فهناك فجوة حقيقية، في معرفتنا، بين المنظومة الشمسية الداخلية والنجوم البعيدة: فنحن لا نكاد نعرف شيئا عن الأجزاء الخارجية البعيدة من منظومتنا الشمسية. وكوكب بلوتو البعيد لم يكتشف إلا منذ خمسين عاما. وقمره تشارون الكبير الحجم ظل مجهولا حتى ١٩٧٨! وهو ما يوضح مدى محدودية ما نعرفه عن الأجرام المظلمة حتى عندما تكون قريبة منا إلى حد ما.

ويكتشف علماء الفلك نحو ستة مذنبات جديدة في كل عام. وفي بعض الأحيان يقترب الواحد منها بما يكفي لرؤيته بالعين المجردة. وأشهر زائر منتظم هو المذنب هالي الذي كان مروره بنا عام ١٩٨٦ بعيدا على درجة من البعد لا تنطوي على أي خطر حقيقي. فقد أتانا في الماضي على مسافات أقرب كثيرا، وكان يمتد عبر أبراج بأكملها بما يصنع مشهدا مروعا. وقد يقترب منا على هذا النحو ثانية في المستقبل.

ومادمنا نكتشف مذنبا جديدا كل ثاني شهر فلابد أن هناك عددا هائلا من المذنبات داخل المنظومة الشمسية وحولها. ويقدر جان أورت، عالم الفلك الهولندي البارز، أن هناك مائة بليون من المذنبات. وتبين مدارات الكثير من هذه المذنبات أنها تأتي من مكان مشترك في أعماق الفضاء يبعد بمسافة توازي ما مقداره ٥٠ ألف مرة من بُعد الأرض من الشمس، أي مايوازي ربع مسافة بعدنا عن أقرب نجم.

فلتسافر بعيدا فيما وراء نبتون وبلوتو، لأبعد مما وصلت إليه فوياجير حتى الآن، ستكون الشمس الآن شيئا بعيدا معتما. هيا واصل رحلتك في الظلام لما وراء

الكواكب داخل الفضاء الذي بين النجوم. إن النجم التالي مازال جد بعيد. وأنت تسافر خلال الظلام، إنه ليل أبدي. وليس هذا فراغا خاويا فهناك في أعماق الفضاء المتجمدة مذنبات هي جبال ثلج عرضها عدة أميال، ولا تُرى من الأرض. وليس لأي منها ضوء خاص به. فهي تعكس فحسب، كسائر المنظومة الشمسية، ضوء الشمس. وهناك في هذا الظلام يكون من الصعب رؤيتها مثلما كان من الصعب رؤية جبل الثلج الذي أغرق السفينة تيتانيك*.

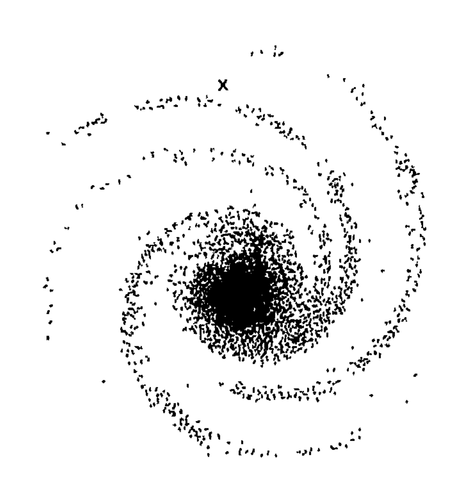
هذا المستودع الذي يحوي ١٠٠ بليون جبل ثلج يسمى «سحابة أورت». وعابرو السبيل الكونيون هؤلاء، أو تلك الشاحنات الموسوقة التي تجوب المنظومة الشمسية، تقوم بالدوران ببطء حول الشمس فيما وراء الكواكب على مسافة جد بعيدة حتى أنها تظل ممسوكة في مسارها بالكاد. وأوهى اضطراب في الفضاء يمكن أن ينحرف بملايين من جبال الثلج هذه للداخل متجهة إلينا.

ويرى البعض أن وجود الحفر، وغير ذلك من ملامح الأرض الجيولوجية و«الحفرياتية» فيه مايدل على أننا يتم قذفنا بالكويكبات والمذنبات كل ٢٨ مليون سنة أو مايقرب من ذلك. وقد وقع آخر حدث كبير من ١١ مليون سنة، وهكذا فنحن الآن نمر بفترة هدوء. والسؤال هو: ما الذي يثير اضطراب المذنبات البعيدة على فترات دورية؟

وأكثر التفسيرات طبيعية هو أن هذه الدورة لها علاقة بحركتنا حول المجرة. فنحن ندور حول الشمس مرة في السنة، والشمس والمنظومة الشمسية كلها تدور حول مركز المجرة مرة كل ٢٠٠ مليون سنة (انظر شكل ٤ ـــ ٢). ونمر أحيانا بالقرب من نجوم أخرى وهذه تثير اضطراب المذنبات في المناطق الخارجية فيتحرر بعضها منطلقا في الفضاء العميق، على حين يهوي البعض الآخر تجاه الشمس.

---

* باخرة عملاقة عابرة للمحيطات غرقت في المحيط لاصطدامها بجبل ثلج في أوائل هذا القرن. (المترجم)




شكل ٤ ـ ٢ : درب التبانة منظر خارجي لدرب التبانة وموقع الشمس عليه علامة x

وهناك نظريتـان أخريان تلقيان باللوم على مـواقع أكثر قربا لديـارنا . وتقول إحـدى هاتين النظـريتين إنـه قـد يوجـد في المنـاطق المظلمـة فيها وراء المنظومـة الشمسية المعروفة كوكب عاشر ــ يسمى بالطبع الكوكب إكس! ولا يكاد يكون هناك شك في أن شيئا ما يقبع فيها وراء الكواكب الخارجية . وقد كان ماحث على اكتشاف نبتون وبلـوتو هو وجود أوجـه شذوذ في حركة الكـواكب . وكان علماء الفلك قد لاحظوا في القرن الثامن عشر أن أورانوس يتحرك وكأنه تحت تأثير جرم بعيـد . وعنـدمـا تم اكتشـاف نبتـون في ١٨٤٦ فسر ذلك اضطـراب حـركـة أورانوس ، ولكن هـذا الاكتشاف بيّن بدوره أوجـه شذوذ في حركة نبتـون نفسه . وبدأ البحث عن كـوكب ضخم أكثر بعـدا . وتم العثور على بلـوتو في ١٩٣٠ ، ولكن وزنه خفيف جـدا . ولم يحل اكتشاف رفيقـه تشارون عـام ١٩٧٨ المشكلة أيضا ، فبلـوتو وتشارون كلاهما جـد صغير، أصغر جدا من أن يفسر قـوة الشد المفقـودة ، ومن هنا كـان الشك في أنه مـازال هنـاك كوكب عـاشر ضخم يتعين

اكتشافه في أعماق الفضاء. ونحن لا نعرف على وجه التحديد أين يكون ولا على أي بعد يكون؟ ولكننا نشتبه في أنه أكبر من الأرض، وأنه أبعد عنا مرتين أو ثلاث مرات عن بعد بلوتو، وأنه يدور حول الشمس كل ١٠٠٠ عام. والدلائل الوحيدة على ذلك هي أن أورانوس ونبتون كانا مضطربين في القرن التاسع عشر، على حين نجد أن هذين الكوكبين في العقود الأخيرة يتصرفان على نحو «طبيعي». ويطرح هذا أن الكوكب إكس كان قريبا من هذين الكوكبين منذ مائة عام، ولكنه الآن يبعد بعدا كبيرا خارج مستوى مداريهما.

والواقع أن البحث عن الكوكب إكس هو مغامرة حقيقية. في أغسطس ١٩٨٩ سوف تمر فوياجير (٢) ـ السفينة المجس ـ بجوار نبتون ثم تندفع خارج المنظومة الشمسية. وسوف تواصل إرسال إشارات ترتد للعلماء على التلسكوبات اللاسلكية لشبكة ناسا* لتتبع أعماق الفضاء في كاليفورنيا وأستراليا وإسبانيا. وإذا حدث لهذه السفينة، أو لشقيقاتها من سفن بيونير وفوياجير(١) أن أصبحت تحت تأثير من الكوكب إكس فإن منحنى مسارها سينحرف عن المتوقع. وليس من المحتمل كثيرا مع اتساع امتداد الفضاء أن يتصادف وتلتقي هذه السفن بالكوكب، ولكن الاحتمال موجود على أي حال.

في ١٩٨٧ عقدت ناسا مؤتمرا صحفيا أعلنت فيه النتائج التي تم الحصول عليها من السفينة بيونير التي كانت وقتها في أقصى الأطراف المعروفة للمنظومة الشمسية. ولم تستشعر بيونير وجود شيء غير موات. وتحمل بيونير أجهزة بالغة الحساسية لأي اضطرابات. وكانت الاضطرابات التي حدثت في القرن التاسع عشر بسبب أورانوس ونبتون كبيرة بما يكفي لرؤيتها، لذلك فإن عدم وجود أي قوة شد زائد على هذين الكوكبين في القرن العشرين والقياسات الدقيقة للغاية لبيونير يحدان تماما من المدارات المحتملة للكوكب العاشر.

---

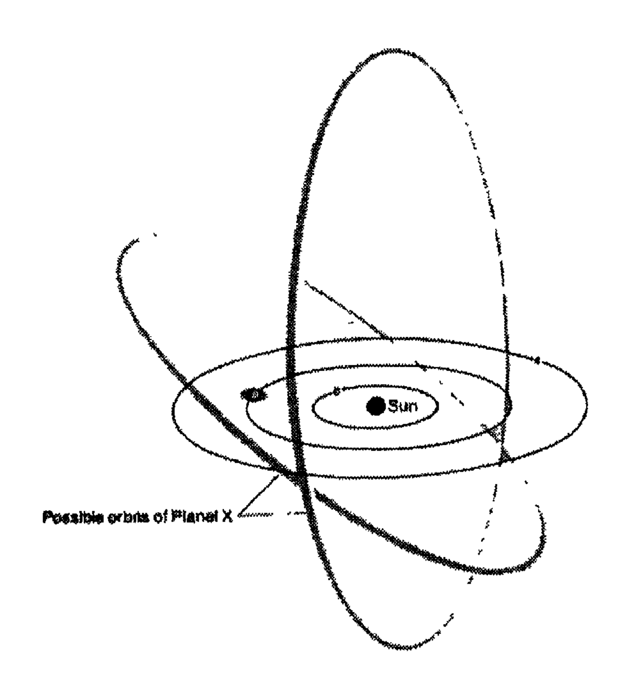
* ناسا الاسم المختصر لوكالة الفضاء الأمريكية (م).

وبوضع كل المعلومات معا تطرح نـاسا الفرض القائل : إن الكـوكب إكس له مـدار مائل بـالنسبـة لمدارات الكواكب المعـروفـة (انظر شكل ٤ ــ ٣) . ومن الممكن أن يتحرك عموديا عليها بل لعله يكون القمر المفقود لنبتون .

وهكـذا فإن الكـوكـب إكس قـد يكون مـوجـودا بـالفعل ، ولكن ليس من المرجح أن يكـون مسؤولا عن قـذائف المذنبات . فـالحافة الـداخلية لسحـابة أورت أبعد بعشرين مرة على الأقل ، وفيما يتجـاوز تأثير الكوكب إكس وهو في مداره الطبيعي . إلا أن الالتقـاء بمادة مجرِّية يمكن أن يحدث اضطرابـا في مدار الكوكب مرة كل ٢٨ مليون سنة ويؤثـر بالتالي في المذنبات . وإذا كان الكوكب إكس موجـودا فإن من المحتمل أن تقع الأحـداث بهذا التتالي . على أن اختراع الكوكب إكس من أجل هذه الفرضية وحدها يبدو أمرا معقدا بما لا ضرورة له . ويكفي أن نؤكـد فحسب أن أيا مما يثير الاضطـراب في الكوكب إكس ، سيثير الاضطراب مباشرة في المذنبـات . وهناك نظرية أكثـر إثارة وهي أن الشمس لها رفيق صغير أسود أو نجم شقيق له اسم رومانسي هو نمسيس (الإلهة الإغريقية لدار الفناء) ، وهـو يتحرك حول الشمس في قطع ناقص طـويل ضيق . وهذا النجم لا يقترب قط بأكثـر من مسافـة توازي ٢٥٠ ضعفـا لمسافـة بعد بلـوتو ويصل في ابتعـاده إلى ٤٥٠٠ مثـلا لهذه المسافـة . وبمـدار كهذا فإنـه ينـدفع خلال سحابـة أورت كل ٣٠ مليون سنة . وربما يكون قطع حاليا ثـلاثة أرباع الطريق إلى أقرب نجم ساطع ، وهو القنطورس الأدنى .

وتـذهب التقـديرات إلى أن كتلـة نمسيس لا تتعـدى ١ في المائة من كتلـة الشمس ، وهو مايوازي نحو ١٠ أمثـال كتلة المشتري . ونمسيس هو النموذج الأمثل للنجم المظلم الـذي يحوي كتلـة يبلغ من قلتهـا أنها لا تكفي لإضرام النيران النوويـة . وهو يبعث حـرارة ولكنه لا يبعث ضـوءا ، مثله في ذلك مثل النار قبل أن تتـوهج . وهكذا فإنـه لا يظهر في التليسكـوب البصري . على أنه ربما يكون قـد تم الكشف عنه بالفعل بـوساطة «إيراس» أي القمـر الصناعي

الفلكي ذي الأشعة تحت الحمراء. وإذا كان هذا قد حدث بالفعل فستكون المعلومات عن نمسيس قابعة على أشرطة البيانات تنتظر من يكتشفها. وسيتطلب الأمر عشر سنوات أو نحو ذلك قبل أن يتم تحليل هذه البيانات.




شكل: ٤ ـ ٣. الكوكب إكس ـ الكوكب العاشر؟
المدارات المحتملة للكوكب إكس حسب ناسا في ١٩٨٧

ويبدو أن ثمة دلائل قوية على أن شيئا ما «هناك» يثير اضطراب المذنبات دوريا. والأمر على هذا النحو يذكرنا بأنه حتى في فنائنا الخلفي قد يكون هناك أجرام مظلمة لا تُرى. وقد يكون هناك كم مفرط من حطام كهذا يتخلل المجرة بل ويتخلل الكون كله، أي أن هناك «كون ظل» غير مرئي مصاحبا لكوننا. وفكرة كهذه كان يمكن أن تكون موضوعا لرواية من روايات الخيال العلمي

منذ سنـوات معدودة فقط، لكـن أدلة عـديدة تتجمع الآن على أن الأمـور قد تكون هكـذا (انظر الفصل الثاني عشر). ولايـزال التساؤل عما إذا كـانت هذه المادة الشبح مسؤولة عن قذائف المذنبات قيد البحث.

عندما يـدخل أحد المذنبات إلى المناطق الداخلية من المنظـومة الشمسية، فإن شد قوى الجذب من الكواكب الكبيرة قد يـدمره بالاصطدام أو بالتفتت، أو يقذف به بعيدا إلى الأبد، أو يأخذه أسيرا في مسار محكم حول الشمس.

وبعض المذنبـات تُشـد إلى مـدارات ضيقة لـدرجـة أنها لا تقطع مسـارنـا فحسب، بل تـدنو أيضا من الشمس. وإذا كـان مدارهـا في مستوى مـدارنا نفسه فإنها تقع في خط رؤية الشمس، وبالتالي يصبح من الصعب جدا رؤيتها ولا نرى منها إلا ما تكون سـاطعة بما يكفي لأن تُرى في السماوات المضاءة بنور الشفق. وثمة أمثلة عديدة تم اكتشافها أثناء الكسوف الكلي للشمس، بل إن عـددها يكفي لأن يشك المرء في أن هنـاك عـددا أكبر كثيرا من هذه المذنبـات المقتربة من الشمس في انتظار أن يكتشف.

ومن بين هـذه المذنبات المذنب المسمى هـوارد ـ كـومين ـ ميتشلـز ١٩٧٩ XI. وقـد رصدت الكـاميرات المثبتـة في القمـر الصناعي التـابع لسـلاح الجو الأمريكي هذا المذنب، وهو يقترب من الشمس بسرعـة ١٥٠ ميلا في الثانية. وقـد دخل المذنب في مستـوى يعلـو مبـاشرة مستـوى الكـواكب، وأخطأ الاصطدام بنـا ولكنه اصطدم بـالشمس. وبعد الاصطدام تبعثـر الحطام على الجزء الداخلي من المنظومة الشمسية.

وهكذا فإن مـذنبا واحدا على الأقل قد ارتطم بـالشمس. أما الأرض فهي هدف صغير، ولا يتعدى احتمال أن نكون نحن وأحد المذنبات في المكان نفسه عند اللحظـة نفسها نسبة واحـد في البليون. ولكن إذا كان هنـاك ١٠٠ بليون مـذنب في سحـابـة أورت، وإذا حـدث أن قلة منهـا عـددهـا ١ في المائة قـد

اضطربت بسبب مرور أحد النجوم بها، فإن بليون مذنب سوف تدخل المنظومة الشمسية. وهذا يجعل من شبه المؤكد أن يصطدم بنا أحد المذنبات ذات يوم.

ومن الممكن أن يصطدم بنا مذنب في حجم مذنب هالي إما بمؤخرته أو برأسه. ويعني هذا أنه سيقترب منا في أي سرعة تقع مابين ١٠ و ٥٠ ميلا في الثانية. ولو أخذنا سرعة ٣٠ ميلا متوسطا لسرعة المذنب فسنجد أن الاصطدام سيطلق كماً من الطاقة في الثانية يماثل الطاقة التي تجلبها الشمس للأرض كلها في أربعة أشهر، أي كما لو كانت كل الترسانات النووية في العالم قد انفجرت متزامنة في المكان نفسه، وهو يناظر أيضا نصف مليون زلزال قدرها ٩ بمقياس ريختر - وهي أكبر درجة قد تم تسجيلها على الإطلاق تحدث جميعا في وقت واحد.

وتكفي هذه الطاقة لإزالة كل الغلاف الجوي. وتلك طريقة درامية للتفكير في الأمر، لكنها تبالغ في إثارة المخاوف، ذلك أن الطاقة في أغلب الظن سوف تتشتت. وهكذا ينبغي أن نقدر تأثيراتها باستخدام أنواع أخرى من المقارنة.

فإذا تشتتت هذه الطاقة كحرارة خلال الجو فإنها ستزيد حرارة الهواء بمقدار ١٩٠ درجة بمقياس سلسيوس*. وزيادة حرارة الجو ستؤدي إلى تدمير الحياة. والرطوبة العالية التي في الهواء الساخن سوف تتكثف داخل الأجسام الباردة عندما تتنفس الحيوانات هذا الهواء للداخل. وربما يكون مصير حيوانات البحر أفضل إذا كانت في موقع بعيد عن الصدمة، والمحيطات ككل ستزيد درجة حرارتها بدرجات محدودة فحسب، أما البحر

* القياس المئوي للحرارة. (المترجم)

المغلق مثل البحر الأبيض المتوسط فإنه يمكن أن يغلي. وستؤدي الحرارة الشديدة إلى تبخر الصخور وسوف تتساقط ثانية على الأرض في كريات زجاجية تشبه كريات التكتيت* في تكوينها (انظر الفصل الخامس). وربما مثل وجود كريات التكتيت في أرجاء مختلفة من كوكب الأرض الآثار الباقية من اصطدامات كارثية وقعت فيما قبل التاريخ.

كذلك يمكن أن يلقي انفجار هذه الطاقة بغطاء دائري حول الأرض يحوي بلايين الأطنان من الغبار، مما يحجب ضوء الشمس. وجلدنا العاري يمكن أن يحس بظل سحابة تعبر الشمس في يوم من أيام الصيف، أما سحابة الغبار التي تبقى لسنوات فإن استطاعتها أن تهلك النبات وأن تعطل التسلسل الغذائي. وهكذا فحتى لو كان عرض الأمر على أنه «إزالة للغلاف الجوي للأرض» يتسم بالمبالغة في إثارة المخاوف، فإن الهلاك الذي من نوع آخر هكذا ليس أكثر بعثا على الطمأنينة بحال.

وقد يكون ذلك هو ما أدى إلى قتل الديناصورات. وهناك جهد بحثي مكثف يتم بذله الآن لمحاولة تعرف المجرم الذي قتلها. ويعتقد بعض العلماء الآن أنهم يعرفون الإجابة.

* Tektites أجسام زجاجية يكثر وجودها في تشيكوسلوفاكيا وأندونيسيا وأستراليا، ولعلها من أصل نيزكي. (المترجم)

# الفصل الخامس

# موت الديناصورات

أدى ظهور البشرية وتطوير الأسلحة الذرية إلى توافر إمكان أن تدمر الحياة على وجه هـذه الأرض بأيدينا نحـن أنفسنا . واحتمال أن يأتي يوم القيـامة بهذه الطريقة هو احتمال أكثر رجحانـا من احتمال حدوث كارثة طبيعية . وفيما عدا هـذا الاستثناء ليس هنـاك أي تغيير له دلالتـه فيما يتعلق بمخـاطر الطبيعـة . فاحتمال أن يتم فنـاؤنا في الغد لا يختلف كثيرا عن احتمال إصابتنـا بقذائف في الأمس . وإذا كان ثمة احتمال قوي بأننا سنرتطم بمذنب أو كويكب في ملايين السنين التالية ، إذن فمن المحتمل أن يكون قد تم الاصطدام بنا في الماضي .

ونحن نعرف أن ذلك قد حدث لنا . فـواقعة تنجوسكا عام ١٩٠٨ وحفرة الشهاب التاريخيـة في أريزونا هما مثلان على اصطدامـات «صغيرة» . وأنا أقول هنا «صغيرة» لأن تكـرار مثلها قـد يهدد مدينـة ولكنه لا يكـاد يهدد بلدا ، دع عنك أن يهدد العـالم كلـه . لكن مـا يعنيني أكثـر في هـذا الصـدد أن يـؤدي اصطدام مذنب بأكمله أو بأحد الكـويكبات إلى مسح الحياة تماما كما نعرفها . وإذا كان هـذا الاحتمال يشكل تهديدا حقيقيا في مـدى الأعوام الملايين العشرة التاليـة مثلا ، فـلابد مـن أن اصطدامات كبيرة قـد حدثـت مرات عـديدة في الماضي وتركت علاماتها في السجل الجيولوجي وسجل الحفريات .

وهناك سجلات حفرية وافرة تغطي ٥٧٠ مليون سنة ، أي ربع زمن وجود الأرض . وأثناء هذه الفترة حدثت خمس أزمات جيولوجية هائلة حيث اختفت أنواع كثيرة من الكـائنات الحية . وأكثـر هذه الأزمات درامية هـو نهاية العصر

البرمـي Permian*منذ ٢٥٠ مليـون سنة، عنـدما هلك ٩٦ في المائة من كل الأنواع. وقرب نهاية العصر الترياسي Triassic**، منذ ٢١٥ ـ ٢٢٥ مليون سنة، اختفت أنـواع بأسرها من البرمائيـات والزواحف القديمـة وظهرت لأول مرة الـديناصـورات بوفرة على سطح الكـوكب. وأحدث مـا وقع من عمليات الانقراض الكبرى هذه كان منذ ٦٥ مليون سنة. فقد هلك مايقرب من نصف الأجنـاس التي كـانت تعيش في ذلـك الـوقت، بما فيهـا الـزواحف البحـريـة والطائرة، والحيوانات والنباتات الميكروسكوبية الطافية، ثم أشهر الانقراضات كلها وهو مـوت الديناصورات. وانقطاع الاستمراريـة هذا يحدد الحد الفاصل مابين العصر الطباشيري والعصر الثلاثي Tertiary epoch***.

وهناك تفـاصيل كافيـة في سجل حفريـات العصر الثلاثي بحيـث يمكننا أن نتعـرض منها على تقسيمات فـرعية، وهـذه التقسيمات هي التي حفزت طـرح أول فروض جدية بأن الأرض قـد عانت من إصابتها بالقذائف. ومـوت الديناصورات إنما هو وافـد حديث إلى القصة، فلقد مـر ما يزيـد على ثلاثين عاما منـذ ظهر أول فرض بأن قذائف من خارج الأرض قد تركت آثارا محفورة حديثة.

وقد لا يكـون لأحداث الانقراض أي علاقـة باصطدامـات من خارج الأرض، إذ قد يكفي سببا لوقـوعها أن تحدث تغيرات في المناخ، كما حدث في العصـور الجليـديـة، أو أن تحدث فترات من النشـاط البركـاني البـالغ الشـدة. والـواقع أن هنـاك اعتقـادا واسع الانتشـار بأن بـدء سيـادة الديناصورات كان نتيجة لفـوزها في المنافسة مع النوع السائد من حيث إنها تكيفت على نحو أفضل مع البيئة المتغيرة. وتشير الأدلـة في هذا الصدد إلى أنه بـدلا من حدوث تغير حـاد مفاجىء فإنه قـد حدثت عـدة مراحل من

* العصر البرمي هو العصر الآخر من الدهر القديم. (المورد)

** العصر الترياسي أقدم عصور الدهر الوسيط، وفيه سارت الزواحف على الأرض وبدأت الثدييات في الظهور. (المورد)

*** العصر الثلاثي: العصر الـذي تكـونت فيـه سـلاسل الجبـال الكبرى كـالهيمـلايـا والألب.. الخ. (المورد)

إحلالات تنافسية من أشكال قديمة إلى أشكال جديدة على مدى فترة تتراوح بين ١٠ و٢٥ مليون سنة.

على أنه يبدو أن زوال الديناصورات منذ ٦٥ مليون سنة، كان مختلفا نوعا عن ذلك. ولا أحد يعتقد الآن، سوى قلة ضئيلة، بأن الثدييات قد نافست الديناصورات، وسرقت بيضها وبالتالي أفنتها، أو أن هذه الوحوش التي يبلغ وزنها ١٠٠ طن وطولها ٣٠ مترا أصبحت عاجزة عن التناسل. لقد ظلت الديناصورات تتزاوج برقة ونجاح طيلة ١٥٠ مليون سنة. وقد عرضت أمام المشاركين في الاجتماع السنوي للجمعية البريطانية للتقدم العلمي، عام ١٩٨٧، الأدلة التي توضح كيفية حدوث ذلك.

لقد قامت الدكتورة هيلين هيست بالانحناء فوق كرسي وقد مدت ساقها اليسرى في الهواء متظاهرة بأن هذه هي الذيل الهائل لأنثى الديناصورات. وقام بيفرلي هالستد بأداء دور ذكر الديناصورات، وعقف ساقه اليسرى فوق ساقها مبقيا قدمه اليمنى على الأرض. وهكذا فإن الساقين اليسريين التفتا معا. والغرض من هذا العرض، بخلاف مافيه من تسلية هائلة وأنه كان أحد البنود شديدة الإثارة في الاجتماع كله، هو أن يوضح كيف أن ذكر الديناصورات يجب أن يبقي ساقا على الأرض ليتجنب سحق شريكته. فوضع الاتصال كان وضعا مباشرا نسبيا، وليس من سبب للاعتقاد بأن الديناصورات أصبحت فجأة عاجزة عن ذلك.

ويبدو أن انقراض الديناصورات كان ـ بشكل ما ـ نوعا من الحدث المفاجىء وقع بفعل المصادفة، وقد ثار الكثير من الجدل بشأن الأسباب المحتملة لذلك.

ومن أفضل ماراج من تلك الأسباب وجود تدخل من خارج الأرض. وثمة

دلائل كثيرة في السجل الجيولوجي على أن كويكبا أو مذنبا في حجم مانهاتن قد دك الأرض، وجعل السماوات مظلمة بالغبار المندفع لأعلى حاجبا ضوء الشمس ومفنيا النباتات والحيوانات. وهذه الفكرة التي نظر إليها سابقا بشيء من الشك، عادت مرة أخرى تجذب الأنظار عندما استنتج بعض علماء الفيزياء أن هناك شواهد على أن الديناصورات قد فنيت بتدخل من خارج الأرض. وقد أدى الذيوع الواسع إلى أنه قد أصبح يعد الآن نوعا من «شبه الحقيقة». ويقوم الآن علماء الجيولوجيا والحفريات والفيزياء والكيمياء الجيولوجية بمناقشة هذا الموضوع المهم معا في المؤتمرات. وكما سوف نرى، فإن السؤال مازال مفتوحا، ولكن لما كان هذا الكتاب يتصل بالتهديدات التي تأتي من خارج الأرض لكوكبنا فسوف أعرض قضيتهم.

لقد أتت أول الدلائل من ظاهرة تبدو لأول وهلة وكأنها لا علاقة لها مطلقا بالديناصورات، وبما يأتي من خارج الأرض. إذ تبدأ القصة بلغز كريات التكتيت.

## لغز التكتيت

في أعماق التربة والصخور تحت أقدامنا يتوارى التاريخ الكامل للأرض. وقد كتب عالم الجيولوجيا جيمس هتون في القرن الثامن عشر يقول: «إن الحاضر هو مفتاح الماضي»، وكلما زاد وزاد عدد الجيولوجيين الذين يدرسون الصخور في دراسة ميدانية أصبح واضحا أن سطح الأرض قد استغرق ملايين السنين حتى يتشكل ثورات بركانية، تقدم وتراجع البحار، إذ ترتفع الأرض وتهبط، رفع الجبال وتآكلها، طبقات الصخور التي تخلفت والموجودة الآن عميقا تحت الأرض، ولكنها كانت ذات يوم على السطح. وهكذا تتكشف العصور في المناطق الجبلية، وفي الجروف والممرات. وتنبئنا بقايا الحفريات في هذه الصخور بحياة النبات والحيوان في العصور الماضية.

لقد صنعت الأرض من الصخور التي صنعت بدورها من المعادن ـ أي من كيماويات لا عضوية (لا عضوية بمعنى أنها ليست كالحيوان أو النبات). والأمثلة المألوفة تتضمن الجبس والمرو والتوباز والألماس. ويتم تصنيف الصخور حسب أصلها. فالصخور البركانية هي نتيجة «اللافا» المنصهرة التي بردت. والصخور الرسوبية نتجت عن الرواسب، مثل الرمل والحصى، وقد انضغطت في كتلة متماسكة مثل الحجر الرملي، والطفل والطباشير. والصخور التحولية metamorphic هي صخور تغيرت بطريقة ما من حالتها الأصلية كأن تتفتت مثلا كالتربة.

وهناك صخور ومعادن كثيرة قد شكلت في صورة أدوات، مثل الحجر والصوان والحديد في المجتمعات القديمة، أو تم اكتنازها لجمالها مثل الذهب والماس. ومن بين هذه هناك التحف مثل كريات التكتيت.

وكريات التكتيت كريات من زجاج طبيعي قاتم (كلمة تكتيت مشتقة من الكلمة الإغريقية kektosومعناها مصهور). وقد ظهرت أول أمثلة منها في مولدافيا بتشيكوسلوفاكيا في القرن الثامن عشر. وكان لونها أخضر غامقا كلون القوارير، وكان يمكن أن تعد من بقايا مصانع قوارير منسية من زمن طويل لولا أنها تغطي منطقة بالغة الاتساع فهناك ١٠ آلاف قطعة معظمها يزن ١٠ ـ ٢٠ جراما تنتشر فوق مساحات واسعة.

ومنذ نحو عام ١٨٦٠ تم اكتشاف مواقع عديدة حول العالم، دون أي تفسير في كل الحالات. وقد سميت حسب موقعها، فهي مثلا المولدافية في بوهيميا، وزجاج دارون في تسمانيا، وزجاج الصحراء الليبية. ظهرت على وجه الأرض في أزمنة مختلفة اختلافا واسعا: وكمثل فإن كريات تكتيت أمريكا الشمالية عمرها نحو ٣٥ مليون سنة، وكريات تكتيت أوروبا عمرها ١٤ مليون سنة، على حين كريات تكتيت أستراليا وساحل العاج أكثر حداثة، فعمرها يتراوح بين ٧٠٠ ألف سنة ومليون سنة.

وكريـات التكتيت كلها من الزجـاج الطبيعي، ووزنها قد يقل حتى الجرام الواحـد أو يزيـد حتى ٨ كيلوجرامـات. ومعظمها أسـود، وبعضها أخضر، والقليل منها أصفـر. وهي مصقولة في بريق رهيف، ولها أحـرف وشقوق تتبع تـركيبـا داخليـا ملتـويـا. ولها أشكـال كثيرة: شكل كـرات أو شكل كـرتين مـوصولتين بـذراع أو شكل أقراص، وقـد أدى الافتتان بها إلى الاعتـزاز بها في بعض أنحاء العالم كتعاويذ.

وتكـوينها الكيميـائي مشابـه للصخـور الرسـوبيـة، ولكن ما من عمليـة «أرضية» يمكن أن تفسر تحول هذه الرواسب إلى كرات زجاج. وقد ظن الناس في أول الأمر أن كريات التكتيت تأتي من الثورات البركانية. على أنه قد تبين في النهايـة أن تركيبها الكيماوي يختلف عن تركيب المواد الـزجاجية المألوفـة الناجمة عن هذه الثـورات البركانيـة. وفوق ذلك فليس هنـاك مواقع بـركانيـة واضحة بالقرب من حقـول التكتيت. ومعظم كريات التكتيت صغيرة ومستـديرة، مما يـوحي بأنها قـد سقطت عبر الغـلاف الجوي، ولكن مـا من أحد رأى كـريـة تكتيت وهي تسقط، كما أنها لا توجد في النيازك.

وهناك فرضيات عديدة عن أصل هـذه الكريات من بينها حدوث برق في جو مترب، وإحماء نيازك حجرية، واصطـدام نيزك بتابع طبيعي للأرض (دون تحديد ماهيته) وسقوط ضديد للمادة. والكلمة ذات التأثير هنا هي «سقوط»، فهذه الأفكار تسقط إذا أمعن النظر فيها بصورة جدية.

لقـد ظلت كريـات التكتيت دائما لغزا كبيرا يحير الأفـراد الذين «يلتقطـون الصخور ويتأملون أمرها». وبحلـول ١٩٨٢ كان هناك رأيان رئيسيان كلاهما يتناول مـايأتي من خارج الأرض. واحد يـرى أنها منتجات بركانيـة من القمر، على حين يـذهب الآخر إلى أنها نـاجمة عن اصطدام المذنبـات أو الكويكبـات التي ترتطم بالأرض.

وقد جلبت السفينة أبوللو عينات من القمر. ونتيجة لتحليل صخور القمر أصبح يبدو على نحو متزايد أنه من غير المحتمل أن تكون براكين القمر هي العامل المفسر لكريات التكتيت الأرضية. وهكذا أصبح مؤيدو نظرية الأصل القمري في حالة تقهقر، على حين تكسب نظرية الاصطدام شيئا فشيئا أرض المعركة.

## نظرية هارولد يوري عن قذائف المذنبات

في عام ١٩٣٩ طرح ل. ج. سبنسر الفرضية القائلة إن كريات التكتيت هي نتيجة تساقط النيازك. ولما لم يكن هناك حفرة ظاهرة تصاحبها فقد تم افتراض أن النيازك قد تفتتت قبل الاصطدام.

وبعد ذلك بسنوات بدأ هارولد يوري (المشهور بحصوله على جائزة نوبل عام ١٩٣٤ لاكتشافه الديتريوم - أي الهيدروجين الثقيل) يفكر في المشكلة من منظور عالم الفيزياء، وقرر أن كريات التكتيت لا تأتي من الفضاء الخارجي وتيقن أولا من أنها لا يمكن أن تنجم عن تفتت كتلة كبيرة. فوقوع شيء كهذا يمكن أن يؤدي إلى هطول وابل من الكريات فوق أميال معدودة ولكنه لا يمكن أن يفسر وجود كريات التكتيت فوق كل أستراليا الجنوبية.

كما أنها لا يمكن أن تكون قد وصلت في حشد منتشر وهي جاهزة الصنع، فجاذبية الشمس ستفتت الحشد وتنشر كريات التكتيت فوق الأرض كلها. وهكذا فإن تفتت النيازك لا يعد أساسا كافيا للتفسير، بل إن الطرف النقيض يوفر مايكفي ويزيد.

فحشد كريات التكتيت الكثيف يمكن أن يتجنب الانتشار على الكرة الأرضية بأن يكون توزيعه جد كثيف على سطح الأرض. على أن كريات التكتيت تمتد منتشرة فوق مساحة كبيرة، وهي لا تغطي الكرة الأرضية بصورة متسقة، ولا هي تتكدس بما يصل إلى كثافة ١٠٠ جرام في السنتيمتر المربع.

واحتار يـوري ، وفكر «كحل أخير» في أنـه ربما قد حـدث اصطدام بين الأرض وكوكب صغير (كـويكب) وأن هناك «ميكانيـزم» ما مجهولا قـد غطى الحفرة ، ذلك أن مواضع التكتيت تبدو وكأن فيها مايدل على موقع سقوط .

على أن هـذا التفسير لم يكن مقنعا بما فيـه الكفـاية ، وظل يـوري محيرا . ثم جاء اقتراب أحـد المذنبات وهـو «أريند ـ رولانـد» ليدفعـه للتفكير في السؤال التالي : مـاذا يحدث لو ارتطم مذنب بالأرض؟ من الـواضح أن أحدا لم يحسب نتائج ذلـك بأي تفصيل ، وهكذا أخـذ يوري هـذه المهمة على عاتقـه . وفجأة بدأت كل الأشياء تترابط في نسق منسجم .

لقد أجرى يـوري حساباته قبل عـدة سنوات من رحلة السفينـة جيوتو إلى المذنب هالي والتي أوضحت لنا مم يتكـون بالفعل داخل المذنـب . وتدل نتائج جيوتو على أن يوري يمكن أن يكون مصيبا تماما .

فرأس المذنب هـو بنية مخلخلة تصدمهـا عنيفا جسيمات عالية السرعـة آتية من الشمس (الـريـاح الشمسيـة) . وتأثير ذلك هـو كما لو كـانت مـادة رأس المذنب هي من كيماويات متفجرة تحترق وئيدا . وقـد حسب يوري مقدار القوة المتفجـرة الموجودة داخل المذنب . فإذا كـان عرض الـرأس من ٧ أميال ، وهـو يتحـرك بسرعـــة ٢٥ ميـلافي الثـانيـــة (وهـذه هي السرعـــة النمطيـة للشهب الاصطـداميـة أو أي جسم يتحـرك تحت تـأثير جـاذبيـة الشمس عنـد مـدار الأرض) ، فإنه يحوي طاقـة ٥٠ مليون قنبلة ذرية . وتنطلق هذه الطاقـة عندما يرتطم المذنب بالغلاف الجوي . وعند سرعة كهذه فإن ارتطام المذنب بالغلاف الجوي يكون مماثلا للارتطام بحاجز صلب . ويؤدي الانضغاط وزيادة الحرارة إلى انفجار المذنب . وتتمزق معظم كتلته في غاز ساخن عالي السرعة يستمر في طريقه للأرض ، ليسخن سطحها إلى نقطة الانصهار.

إن من السهل أن تصف مثل تلك المقادير القصوى كأن نقول : «كذا قنبلة هيدروجينية»، ولكن هذا ليس دقيقا تماما. فتمزق المذنب يبدأ على ارتفاع ٤٠ ـ ٦٠ ميلا، وفيه بعض أوجه الشبه لانفجار قنبلة ذرية في الهواء. على أن له تأثيرات مختلفة نوعا بسبب الهواء المضغوط والحرارة المنخفضة نسبيا التي تتوزع خلال كتلته. فالانفجار الذري انفجار مدموج، وبملايين من الدرجات ويبعث إشعاعا مميتا. أما تمزق المذنب فهو أبرد كثيرا من ذلك، وبدرجات حرارة تماثل ما عند سطح الشمس (وهي حرارة وإن كانت مازالت تعد ساخنة بلغتنا إلا أنها تعد هينة بالمقياس النووي). وتأثيرات ذلك تشبه الانفجار الذي يدفع بالقذائف Propellant أكثر مما تشبه نوع الانفجار بمادة تفجير Detonating.

وترتطم الكتلة بالسطح لتتوقف خلال ثانية. ويمكن أن يصل أقصى ضغط إلى مايزيد على الضغط الجوي بـ ٤٠ ألف مرة، وتصاب مساحة واسعة، وتكون نتيجة ذلك ألا يحدث اختراق عميق. والسمات النوعية لحادثة تنجوسكا تشبه نموذجا مصغرا من هذا.

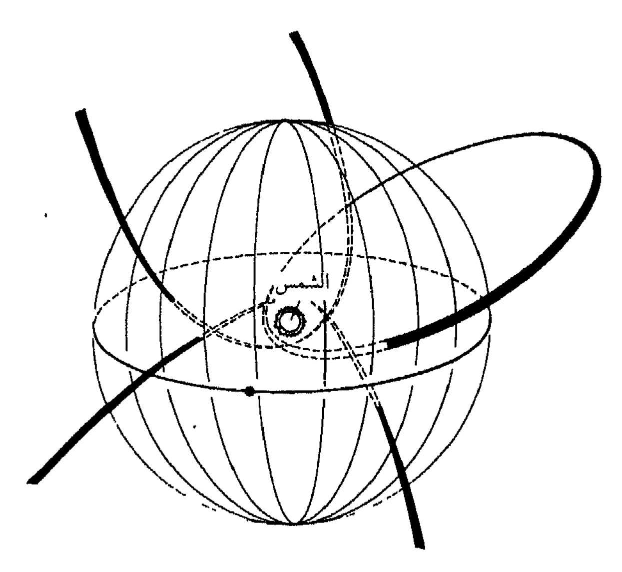
إن الحرارة السطحية عند الصدمة تكون عالما تتبخر فيه الصخور. ويقذف الانفجار هذه الدوامة الهائلة عاليا في الجو حيث تبرد متحولة إلى كريات زجاجية. وهذه الكريات الزجاجية الصغيرة هي ما نجده على الأرض ونسميه كريات التكتيت. وهكذا يتضح أن كريات التكتيت تأتي من سطح الأرض، فهي صخور انصهرت ثم بردت ثانية. وتفسر هذه النظرية لماذا يكون لكريات التكتيت تركيب متباين، ذلك أنها ناتجة عن الصخور المحلية. ويوفر الاصطدام حرارة طبيعية عالية للانصهار، والعلامات الموجودة على الكثير من كريات التكتيت تشبه تلك التي نتوقعها من تبريد السوائل وهي تتجمد. كذلك يتم تفسير وقوع كريات التكتيت على ساحة واسعة.

ولا يتلاءم هذا التفسير مع الملامح الكيفية للكريات فحسب بل يتفق اتفاقا جيدا أيضا مع كمية كريات التكتيت والتوقعات المبنية على معرفتنا بالمذنبات. وهذا أمر مهم. فالكثير من «التفسيرات» العلمية الزائفة تفشل عندما تتم مواجهتها مواجهة «كمية»، ومن الواضح أن الأفكار اللطيفة لا تتلاءم أحيانا مع القياس الكمي للظاهرة.

وإذا كانت كريات التكتيت تنتشر حقا فيما حولها كنتيجة لوقوع اصطدام، فإن بإمكاننا أن نستنتج حجم الجرم «الغازي» من مدى ما أحدثه من انتشار كريات التكتيت وكميتها. لقد وجدت كريات التكتيت بأمريكا الشمالية في مساحة تغطي ملايين الأميال المربعة. وتدل أعدادها على أن الجرم الغازي لابد أنه كان يزن ٥٠ بليون طن على الأقل، وأن عرضه عدة أميال. وهذا تقدير بخس لأن حجم منطقة السقوط قد يكون أعظم، ويمكن أن تكون هناك كريات تكتيت لم يتم الكشف عنها في المحيطات مثلا. وهذه الكتلة معقولة جدا بالنسبة لمذنب، فالمذنب هالي مثلا يبلغ مقداره مايقرب من عشرين مثلا لذلك.

وإذا كانت كريات التكتيت ناتجة عن الاصطدامات، فإن عمرها يدل على أنه قد حدثت أربعة اصطدامات رئيسية عبر مايقرب من ٣٥ مليون سنة. وهو ما يتلاءم مع الاحتمالات العشوائية ويسهل حسابه.

إن هناك مذنبات كثيرة تمر عبر مدار الأرض في كل سنة. وعلينا أن نحسب احتمال أن يوجد واحد منها معنا في المكان نفسه عند الوقت نفسه. والمذنبات تأتي من كل الاتجاهات، أسفل أو أعلى من مستوى مدارنا، وبالتالي يصبح احتمال الاصطدام أقل كثيرا عما إذا كانت المذنبات تتحرك معنا على الصفحة المسطحة نفسها. وبدلا من التفكير في الدائرة التي تدور الأرض من حولها فإننا ينبغي أن نتصور كرة نصف قطرها مماثل لنصف مدار الأرض. وما يثير اهتمامنا هو المذنبات التي تأتي من الخارج وتدخل هذه الكرة.




شكل (٥ ــ ١) تقــاطع منحنى المسارات مــع الأرض. الأرض تمثلهـا النقطة السوداء التي تتحرك حـول الشمس في مدار شبه دائري، نصف قطـره نحو ١٠٠ مليـون ميل وتظهر في الصـورة كرة لها نصف القطـر هذا. وأي مـذنب أو أي جرم سماوي آخر يأتي من مكـان بعيد ليقترب من الشمس أكثر من قربنا لابد أن يقطع هذه الكرة.

وفي اللحظة التي يقطع فيها أحد المذنبـات هذه الكرة، تكون الأرض في مكان ما عند السطح. تصور الأرض على أنها القـرص الأسود الصغير في شكل (٥ـ١). واحتمال أن يـرتطم المذنب بالأرض هـو بنسبة مسـاحة القـرص إلى مساحـة سطح الكـرة، أي احتمال بنسبة ١ : ٠٠٠, ٠٠٠, ٠٠٠, ٢. والحقيقـة أن الاحتمال أكبر من ذلك مـرتين لأنه إذا أخطأ المذنب الارتطـام بنـا وهو في طـريقـه للداخل فإنـه مازالت لـديه فـرصة الارتطـام بنا وهو في طـريق عودتـه. وجاذبيـة الأرض تمتد إلى الفضاء وتستطيع أن تجذب مذنبات هي لولا تلك الجاذبية لأخطأتها. على أن تأثير الأرض ليس تأثيرا كبيرا جـدا. فـالأرض ليست كـالمشتري مثـلا، وإن كان يـزيـد الاحتمالات بالفعل بمقـدار يتراوح بين ٢ و٥. والنتيجة هي نسبـة احتمال توازي ١ في ٢٠٠ ـ ٥٠٠ مليون بالسنة للمذنب الواحد.

ومن المعروف أنه في كل سنة يقترب من الأرض على هذا النحو مايقرب من اثني عشر مذنبا. وهذا يقودنا إلى التقديرات الأصلية القائلة إن اصطداما بأحد المذنبات يحدث في المتوسط مرة كل ٢٠ ـ ٥٠ مليون سنة. على أن من المتفق عليه عموما أن هذا التقدير أقل من اللازم. فهو يشمل فحسب المذنبات التي نكتشفها، وهناك تقديرات تقول إنه مع كل مذنب نكتشفه يوجد ثمانية لم تكتشف. وهكذا يرى بعض العلماء أن الاصطدام يحدث مرة كل ١٠ ملايين سنة.

إن كل الذين يقامرون يعرفون أنه قد تحدث للمرء نوبات من حسن الحظ، على حين يكون عليه في أحيان أخرى أن ينتظر زمنا. والاحتمالات فيما يتعلق بحدوث أربعة اصطدامات خلال الخمسة والثلاثين مليون سنة الأخيرة هي ١ من ٤ ــ وهي تماثل الاحتمال بأن تخمن تخمينا صحيحا أي نوع من الأنواع الأربعة تكون ورقة «الكوتشينة» التي لا تراها. فإذا نجحت في ذلك، فلا يكاد يكون هناك أي احتمال لأن يتهمك أحد بالغش ـ فواحد من أربعة هي نسبة احتمال معقولة. وهكذا يصبح من المعقول تماما أن كريات التكتيت هي والاصطدام بالمذنبات يتفق حدوثهما معا.

وتفترض هذه المحاجة أن المذنبات تسطع عشوائيا في الجزء الداخلي من المنظومة الشمسية. على أن الحال قد لا تكون كذلك، حيث إننا نقوم برحلة ليس حول الشمس فحسب وإنما أيضا حول المجرة بأسرها. والظروف تتغير ويصبح احتمال انحراف المذنبات أكبر في فترة معينة عن الأخرى.

إن الأحداث التي تعنينا في هذه الدراسة هي الأحداث التي تشكل كوارث للكرة الأرضية. ويشمل هذا وقوع اصطدامات بمذنبات أولية. والمذنبات تتفتت وهي تكرر القيام برحلتها حول الشمس؛ فمذنب هالي يصبح أصغر حجما في كل مرة كلما تخلفت المادة منه منفصلة إلى ذيله. والمذنب الذي

أصابـه التفتت يكـون لديه مـدى أعظم وفرصـة أكبر لأن يرتطـم بنا ، على أن النتائج تكون أقل شدة بما يناظر درجـة تفتته . وواقعة تنجوسكا خير مثل على ذلك . وفي الحد الأقصى نلاقي الحطام المتخلف من المذنبات الميتة كل سنة في الوابلات السنوية للشهب .

وهكذا فعندما نسأل : «مـا احتمال الارتطام بمذنب؟» ، فإننا نضع الحجم مقـابل الاحتمال . فنحن نـرتطم بقطع من حجم صغير في كـل عـام . أمـا المذنبات الكاملة فيحدث الارتطام بها مـرة كل ١٠ ملايين سنة أو مايقرب من ذلك . وقد نرتطم بوحش حقيقي مرة كل مائة مليون سنة ، وعندها فإن النتائج ستكون حقـا كارثـة . وتشير حسابـات يوري إلى أن تشتت الطـاقة المدمـوجة يمكن أن يبخـر المحيطـات ويـؤثـر تأثيرا خطيرا في ظـروف المنـاخ عبر الكـرة الأرضية كلها .

| كريات التكتيت | العصر |
|---|---|
| | الليوستسوسني |
| 1.2±0.2 / 0 7±0.1 استراليا ـ ساحل العاج | ١ |
| | الليوسيني |
| 14 7 ± 0.7 مولدافيا | ١٣ |
| | الميوسيني |
| 28 6 ± 2 زجاج الصحراء الليبية | ٢٥ |
| | الأوليجوسيني |
| 34 7 ± 2 بيديا سيت | ٣٦ |
| | الأيوسيني |
| | ٥٨ |
| | الباليوسيني |
| | ٦٣ |
| | الطباشيري |

شكل (٥ ـ ٢) أعمار كريات التكتيت مقارنة بالعصور الجيولوجية (كما قدرت عام ١٩٧٣) .

## المذنبات والتغيرات الجيولوجية الحديثة

يتلاءم أصل كريات التكتيت تماما وما أوردته نظرية يوري عن الغزو بالمذنبات. ولكن هل هذا صحيح؟ إن الاصطدام بمذنب يمكن أن يدمر الصخور، وبالتالي فإنه يفسر كريات التكتيت، لكنه سيوقع الفوضى في أشياء أخرى كثيرة. ومن المؤكد أن السجل الجيولوجي سيظهر ولابد من الدلائل على هذه الأحداث المتفردة.

لقد نشر يوري فكرته لأول مرة في مجلة «ساترداي ريفيو أف ليتواتشر»، ولكنه عقب على ذلك في وقت لاحق بقوله «في حدود ما أعرف فإنه لا يوجد أي عالم يقرأ هذه المجلة سواي. ونتيجة لذلك طور فكرته في دراسة نشرها في المجلة العلمية الشهيرة «الطبيعة» Nature، وذلك في مارس ١٩٧٣.

وافترض يوري أن كريات التكتيت ليست سوى نتيجة واحدة من نتائج الاصطدام بالمذنبات. ومضى لأبعد من ذلك فاقترح أن هذه الاصطدامات نجمت عنها التغيرات الرئيسية التي نصورها الآن على أنها نهاية العصور الجيولوجية. وفي حدود ما أعلم فإن هذا كان أول اقتراح لتقييم «كمي» لهذه الوقائع الدرامية. وقد قام الفاريز فيما بعد بدراسات عن الحد الفاصل مابين العصر الطباشيري ــ والثلاثي وصلته بزوال الديناصورات، وقد نشأت دراسات الفاريز هذه جزئيا عن اقتراح يوري. فيوري طرح بوضوح هذه الصلة بالاصطدام بالمذنبات بوصفها مصدر زوال الديناصورات، مؤسسا ذلك على النجاح «الظاهر» لمقابلته بين نظريته عن كريات التكتيت ونهاية العصور الجيولوجية. (وأقول النجاح «الظاهر» لأن التطورات التي حدثت منذ ظهور نظريته تضع هذا الجزء من نظريته موضع التساؤل).

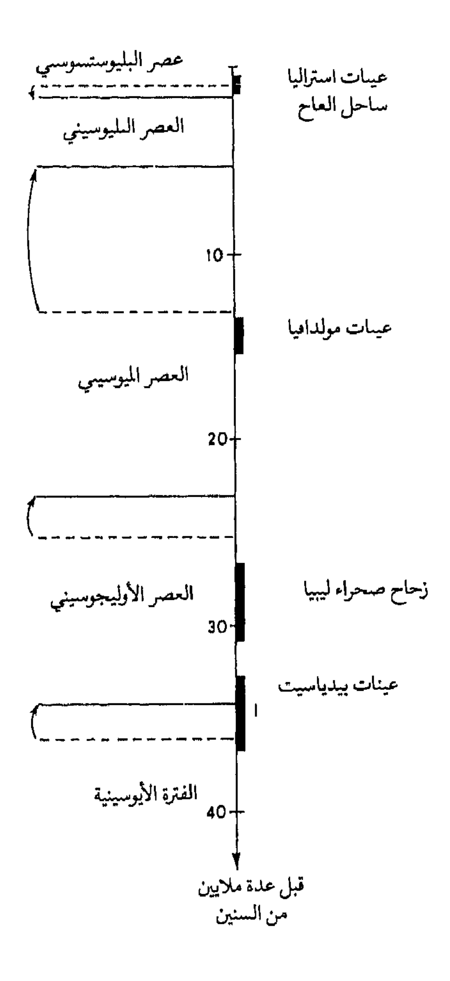
وفي المقارنة الواردة في شكل (٥ ــ ٢) يسجل العمود الأيمن قائمة العصور الجيولوجية وفترات الانتقال بملايين السنين. ويسجل العمود الأيسر قائمة أعمار كريات التكتيت. وهذه هي المعطيات كما ظهرت في بحث يوري ــ أما

أعمار كريـات التكتيت فقد أخـذت من بحث نشره س . ديـوراني عام ١٩٧١ على حين أتت الأزمنة الجيولـوجية من كتاب يعد أحد المراجع الـرئيسية في هذا الحقل نشره عام ١٩٦١ .

والـواقع أن هناك تطـابقا مغـريـا بين كريـات التكتيت ونهايات العصـور الحديثـة . فعينات أستراليـا وسـاحل العـاج تتطابق مـع أحدث تغير. وتكـاد عينات مولدافيا وزجاج ليبيا تتطابق مع فترات انتقال العصور من الميوسيني إلى البليـوسيني ، ومن الأوليجـوسيني إلى الميوسيني حسب الترتيـب . أما عينـات بيدياسيت فتطابق بالضبط نهاية الفترة الأيوسينية .

هكذا كـانت تبدو الأمـور في عام ١٩٧٣ . على أنـه قد حـدثت من ذلك الوقت المراجعـات المهمة للتـواريخ المتفق عليها للعصور الجيـولوجيـة . وثمة اتفاق إلى حد كبير بشأن أعمار الصخـور، وأعمار كريات التكتيت ، ولم يحدث فيهـا إلا تغير هين جدا ، إن كـان قد حـدث تغير على الإطلاق . على أنـه مع تحسن معـرفتنا بـالصخور فقد تحسنـت أيضا قـدرتنا على تقسيمهـا إلى أقسام فرعيـة ، وهكذا تغيرت الحدود الفاصلـة المتفق عليها مـابين العصور في بعض الحالات . فقـد تحرك الحد مـابين عصر البليـوستـوسين والبلـوسين إلى الـوراء ليصبح ١,٦ مليون سنـة ، مما جعل علاقـة الارتباط بكريـات تكتيت أستراليا وسـاحل العـاج أقل وضـوحـا . وتغير الحد مـابين العصرين الميـوسيني والبليـوسيني تغيرا دراميـا ، فتقدم مـن ١٣ مليونـا إلى ٥,٥ مليـون فحسب . وهكذا لم تعد هناك علاقة بين كريـات التكتيت المولدافية ، وعمرها ١٥ مليون سنة ، وبين تغير العصور. (انظر شكل ٥ ـ ٣) .

ورغم ذلك فمازال الإمكـان قـائما لطـرح فكرة أن كـريـات التكتيت هي النتـاج المترتب على الاصطـدام بأجرام من خـارج الأرض على أن الـذهاب لأبعـد من ذلك وجعلها في علاقة ارتباط بأحداث جيولوجية رئيسية أخرى أمر مختلف تماما . وتتعلق أشهر محاولة لفعل ذلك بالعصرين الطباشيري ـ الثلاثي وموت الديناصورات .




شكل (٥ ــ ٣) مقارنـة بين كـريـات التكتيت والعصور (١٩٨٧). حقـول التكتيت الـرئيسية موضحـة إلى اليمين حسب أعمارهـا (بملايين السنين) بما يتضمنه ذلك من عدم التأكد من هـذه الأعمار. وإلى اليسار مقارنتها بفترات الانتقال بين العصـور. والخطوط المتقطعة تبين تـواريخ فترة الانتقال حسب كـولـب (١٩٦١)، والخطـوط المتصلـة هـي عن سنلنج (١٩٨٧) والأسهم وتبين التغيرات. أما عـلاقة الارتبـاط التي لاحظها يـوري بين تواريخ فترات انتقـال كـولب (الخطـوط المتقطعة) وبين أعمار كـريـات التكتيت (الأسـود الغليط) فقد احتفت.

## آثار أقدام من خارج الأرض

لا تتوزع العناصر الذرية كلها بشكل متساو على الأرض. فالكربون والأكسجين والنتروجين هي المادة المألوفة للحياة، والحديد هو العنصر الثقيل الأكثر استقرارا في الكون وهو مادة الصدأ، أما الذهب والبلاتين فإن ما لهما من ندرة يجعلهما نفيسين.

والبلاتين هو واحد من مجموعة المعادن النادرة ـ هي البلاتين والإيريديوم والأورميوم والروديوم ـ وهي نادرة بمثل ما أن أسماءها غير مألوفة. ولكنها منتشرة نوعا في المادة العادية للمنظومة الشمسية والنيازك. والواقع أن هناك اتفاقا بين علماء الجيوفيزياء على أن التركيزات القليلة لمجموعة البلاتين في التربة والرواسب المحيطة بالحفر قد نجمت عن النيازك التي مرت عبر الغلاف الجوي. وحتى في الأماكن التي دمرت فيها الحفر منذ عهد بعيد بفعل التآكل ونمو النباتات، فإن تركيز معادن مجموعة البلاتين مازال يكشف عن المكان الذي حطت فيه النيازك على الأرض.

وقد قرر لويز الفاريز أن يبحث عن هذه المعادن في الرواسب الواقعة عند الحد الفاصل مابين طبقات العصرين الطباشيري والثلاثي. فإذا كانت الصخور التي عند نهاية العهد الطباشيري، حيث كانت الديناصورات تجوب الأرض، هي والصخور التي عند العصر الجديد (الثلاثي) مفصولة عن بعضها البعض بطبقات الطفل التي تحوي هذه المعادن النادرة، فإن هذا سيدعم الرأي القائل بحدوث اصطدام، وقد قرروا أن يبحثوا عن الأيريديوم لأنه يسهل الكشف عنه حتى ولو كان في تركيزات منخفضة.

ولما كان الفاريز عالم فيزياء نووية فقد عرف كيف يقوم بهذا البحث، إذ وجه للمادة التي يبحثها إشعاع نيوترونات. وأنت عندما توجه نيوترونات بطيئة

إلى كميات كبيرة من اليورانيوم فإنها يمكن أن تطلق الطاقة بها يثير كارثة ـ أي قنبلة ذرية. على أن إطلاقها على الأيريديوم لا ضرر فيه. فالطاقة ستنطلق في شكل أشعة جاما، وهو شكل من الضوء أقوى من أشعة إكس. وأشعة جاما المنبعثة من الأيريديوم يسهل تعرفها بسهولة تعرف توقيع شخص ما.

وذلك تكنيك يصل إلى درجة من الحساسية تمكنك من أن تكشف عن الأيريديوم حتى ولو كان موجودا فحسب في آثار من أقل قدر. وينبغي أن تكون حريصا جدا لتتأكد من أنه لا يوجد من حولك أي مصدر آخر للأيريديوم يمكن أن يلوث هذا البحث الرهيف. ولما كان الأيريديوم جد نادر، فربما تصورت أنه لا داعي لهذا القلق ولكن الأمر ليس كذلك.

ففي عام ١٩٨١ ظن ألفاريز أنه قد حصل على الدليل على أن الأيريديوم مترسب في العينات الموجودة في الفترة الفاصلة مابين العصرين الطباشيري والثلاثي في مونتانا. على أن مصدر الأيريديوم لم يكن قط من هناك وإنما كان من خاتم زواج يرتديه أحد الفنيين الذين أعدوا العينات للتحليل. فالبلاتين الذي في الحلي يحوي مايقرب من ١٠ في المائة من الأيريديوم كعامل صلابة. وإذا فقد خاتم بلاتين عُشر كتلته في ثلاثين عاما، وهو أمر نمطي إلى حد كبير، فإن متوسط الخسارة في كل دقيقة يكون أكبر بمائة مرة من حساسية القياس في تجربة ألفاريز. وقد بينت الاختبارات صدق ذلك أيضا بالنسبة للخواتم الذهبية. إن من السهل جدا تلويث العينات، وهكذا أصبح ألفاريز شديد الحرص بهذا الشأن. ولقد ثار خلاف حول ما إذا كانت الظاهرة موجودة أم لا، لكن من المتفق عليه الآن أن الظاهرة موجودة على نحو شبه مؤكد. وإليكم الطريقة التي أمكن بها لألفاريز أن يجد الدليل.

في جبال الإبنين بشمال إيطاليا توجد طبقات مكشوفة من صخور رسوبية تمثل الفترة من العصر الجوراسي القديم حتى العصر الإليجوسيني، أي من

١٨٥ مليون سنة حتى ٢٥ مليون سنـة خلت. وتحوي هذه الفترة نهاية العصر الطباشيري وابتداء العصر الثلاثي في شكل حجر جيري وردي يتخلل الطفل طبقاتـه. ويصبح التغير المفاجىء في طبيعة الحياة مـرئيا بوضوح عنـدما نضع عينات من طبقة الفترة الفاصلة تحت الميكـروسكوب. ففي الطبقة الطباشيرية مثلا هنـاك مثقبات Foramini Fers* حجمها نحـو ملليمتر واحد. وتختفي هذه المثقبات فجأة عبر الفترة الفاصلة ليحل محلها جنس مختلف، يقل حجمه عن عشر المللميتر.

وفي القطاعـات المكشوفة جيـدا، تكون طبقات الحجـارة الجيرية التي من العصرين مفصولة بشريط من الطفل سمكه نحـو ١ سم. ولا توجد حفريات في الطفل، وهكذا فإنه لا يمكنك أن «ترقب» الانقـراض أثناء حدوثه. وبدلا من ذلك يتخذ الأمر منحى أنك «تراه هنا، ولا تراه هناك».

لقد أخذ ألفاريز عينات من طبقة الفترة الفاصلة عند ممر بوتاسيون بالقرب من جـوبيو في أومبريـا بشمال إيطاليـا. ويكشف الممـر عن صخور في مـدى يقـرب من ٤٠٠ متر تغطي كل العصـور. واختـار ألفاريـز عينـات شتى من الصخـور الطباشيريـة، وبعض عينـات من الصخـور الثلاثيـة ثم العينـات الحاسمة التي من طبقة الفترة الفاصلة. وكان السؤال الرئيسي هو ما إذا كانت المواد الكيماوية في طبقـة الفترة الفاصلـة تختلف اختلافـا بينا عـن الكيماويات التي في الصخـور الأخرى، وبـالـذات إذا كانت هنـاك عـلامات على وجـود الأيريديوم.

وركـز ألفـاريـز على ٢٨ عنصرا ظهـرت بـوضـوح في العينـات. وكـانت الكميات النسبيـة لسبعة وعشرين منها متماثلـة جدا خلال مجموعـة الصخور

---

* حيوانات بحرية دنيا مثقبة بالأصداف (المترجم)

كلها تمثل ١٥٥ مليون سنة من الزمان. وكان العنصر الثامن والعشرون هو الذي برز على نحو شاذ: وهو الأيريديوم. لم يكن هناك منه غير آثار باهتة في الصخور التي تحت وفوق الفترة الفاصلة، ولكننا نجد أثناء عبور هذه الفترة أن نسبة الأيريديوم ترتفع فجأة بعامل تضاعف مذهل هو ٣٠ ضعفا. وليس من عنصر من العناصر الأخرى يتضاعف في طبقة الفترة الفاصلة هكذا. وبالتالي لم يعد هناك أدنى شك في ترسب الكثير من الأيريديوم في زمن الكارثة.

وذلك هو الشيء المتوقع إذا كان سبب الانقراض هو غزوًا من خارج الأرض. على أنه لا يمكنك أن تستنتج من ذلك مباشرة أنك قد حصلت هنا على برهان مطلق. فهناك احتمال أن يكون القدر قد قام بحيلة قاسية وأن ظروفا شاذة في الجيرة سببت ترسيب الأيريديوم في هذه السنتيمترات الحاسمة من الممر التي تصادف أن «تماكنت» مع طبقة الفترة الفاصلة.

ولحسن الحظ أن ممر بوتاسيون ليس هو المكان الوحيد الذي يظهر فيه ظللك في طبقة الفترة الفاصلة مابين الطباشيري ـ الثلاثي. وحتى يختبر ألفاريز ما إذا كانت الزيادة الشاذة في تركيز الأيريديوم ليست مجرد مصادفة فإنه حلل رواسب من عمر مماثل في أماكن أخرى.

ومن أفضل الأماكن المعروفة التي تظهر فيها طبقة الفترة الفاصلة في شمال أوروبا صخور الجرف البحري عند ستيفينس كانت على بعد ٣٠ ميلا جنوب كوبنهاجن. والطبقة الطباشيرية هنا تتألف من طباشير أبيض وطبقة الحد الفاصل متميزة بترسب الطفل في سمك مقداره ٣٥ سم. وفي هذا الموقع الدنماركي أمكن دراسة ٤٨ عنصرا مختلفا، وهذا أكثر من نصف عدد كل العناصر الموجودة في الأرض. وكما في العينة الإيطالية فقد زاد تركيز الأيريديوم زيادة مثيرة في طبقة الفترة الفاصلة. بل إن الحقيقة أن الأيريديوم في العينة الدنماركية زاد بما هو أكثر من مائة ضعف.

وقد وجـدت نتائج مماثلـة في نيوزيلنـدا حيث تبين أن الأيريديـوم في طبقة الفترة الفاصلـة عند «وود سـايدكـريك» أشـد كثافـة مما في الصخـور الأخرى بعشرين مثلا. فما من شك في أن الظاهرة حقيقية وأنها منتشرة في العالم.

ويـرى بعض علماء الجيولـوجيا أن بعـض الثورات البركـانية تنفث صخـرا مصهورا يكون توزيع العناصر فيه هكذا. (ثمة مسح تفصيلي جيد بهذا الشأن في مقال بمجلـة «الطبيعة» ١٩٨٧ كتبـه س. ب. أوفيسر وزملاؤه). ويتركـز جانب من النقاش حول ما إذا كان الأيـريديوم قد تم ترسيبه عبر فترة ممتدة كما في النظرية البركانية، أو يتم فجأة كما في نظرية الاصطدام.

وأحد الملامح الموجودة في طبقات الفترة الفاصلة في كل من الموقع الإيطالي والدنماركي هو وجود طبقة طفل يبلغ سمكهـا نحو ١سم. ويرى ألفاريز أنها قد صنعت من مواد هبطت من الطبقات العليا للغلاف الجوي إثر الاضطراب الناجم عن الاصطـدام. ويعترض علماء الجيولـوجيا على ذلك بالقـول إن هذا فيه سـذاجة، والجيولـوجيا علم لا يقل تعقيدا عن الفيـزياء ـ وعلماء الفيـزياء يمتلكون نـاصية فيـزيائهم بحق ولكن هـذا لا يجعلهم خبراء في الجيولـوجيا. ومن الممكن أن تكون لطبقات الطفل أصول «عادية» تماما.

وهكذا يظل لدينا سؤالان، كل منهما مـازال موضع نقاش ساخـن: هل تم قتل الديناصـورات عن طريق هذه الكارثة؟ وهل نجمت الكـارثة عن انفجار من خارج الأرض؟

ولو ركـز المرء على زوال الديناصـورات مع استثناء كل شيء آخـر فإنك قد تعتقد سعيـدا أن الملامح العريضة للانقـراض تتفق مع فكرة أنه كـانت هناك ظلمة امتـدت زمنا نتيجـة لوجود غبـار في الجو سواء من اصطـدام أو من ثورة بـراكين. على أن الكـرة الأرضيـة كـانت تحوي وقتهـا مـاهـو أكثـر بكثير من

الديناصورات، وهـذا يثير هواجس كثيرة بشأن التفاصيل. فعلى سبيل المثال، تمكنت النباتات الاستـوائية من البقاء رغم أننا قـد نتوقع أنها ستعاني من نقص الضوء أكثر من غالبية الكائنات الأخرى، وقد ذكر لي أحد علماء الحفريات أن لـديه حفـريات زواحـف تزن عشرات عـديدة من الأطنـان ظلت بـاقية بعـد الكارثة. فكيف حدث ذلك؟ ولماذا كان الانقراض شديد التخير هكذا؟

ويلفت نقاد نظريـة الاصطدام النظر إلى أن هناك عـلامات على أن عملية الانقراض لم تكن مفـاجئة وإنما امتدت عبر بضعة آلاف من السنين ــ على أنه عندما يكون القياس على مـدى يصل إلى ٦٠ مليون سنة فإن آلافا معدودة من السنين قد ترجع ببساطة إلى أخطاء متعلقة بأخذ العينات.

على أنه إذا لم يكن هناك اصطدام، فمن المؤكد أن الطبيعة قد تآمرت ليبدو الأمـر وكأنه قـد حدث اصطـدام. فأولا، إذا كـان الأيريـديوم في طبقـة الفترة الفاصلـة قد أتى من كـويكب، فإنك تستطيع تقديـر وزنه. ويصل ذلك إلى بليون طن أو إذا قدرنـاه بطريقة أسهل تصورا فإن كتلة الصخر سيكـون قطرها نحو خمسة أميال.

وثانيا، إذا كـان الطفل ناجما عن الغبار الـذي قذفه الاصطدام عاليـا فإننا نحصل على تقدير مماثل لحجم الصخرة التي سببت هذه الفوضى.

وثالثا، تظهـر المعادن النفيسة الأخرى في الطفل الـدنماركي، مثل الذهب والنيكل والكوبلت، بكميات تفـوق كثيرا توزيعها المعتاد في الأرض، بما يجعل حجم الصخرة يصل من حيث العـرض إلى ٨ أميال. وكل هـذه الأرقام تصل بنا إلى قدر متماثل، وما من شك أننا لو ضُربنـا بانفجار كهذا، فمن المؤكد أنه سيوقع الفوضى في البيئة على نحو كارثي.

ورغم أن هذه الدلائل يمكن أن تكون ظرفيـة الطابع فإن وجود أي نوع من

الأدلة بعد مرور ٦٠ مليـون عام يعد شيئا له أهميته . وأنـا أعرف شخصيا عالم فيزيـاء محترما يـؤمن إيمانا راسخـا بأن القضيـة قد تم إثبـاتها ، وعالم حفـريات مشهورًا يؤكد أن الحكم هـو «غير مذنب» . وحكمي أنا أن الاتهام «لم يثبت» . على أن هناك أمرا واحدا نتفق عليه جميعـا وهو أن البحث في هذه المسألة ينبغي أن يستمر، فهو يخلب لب الشباب ويحفزهم على أن يصبحوا علماء ، ولعل فيه ما يجعلنا نثوب إلى رشدنا ونتذكر مايمكن أن يحدث لنا لو تم تغيير بيئة الأرض تغيرا عنيفا ، سواء كان ذلك لأسبـاب من خارج الأرض أو لأسباب من صنعنا نحن . لقد انـدثرت الديناصورات بعـد ١٥٠ مليون سنة ، وكانـت المخلوقات السـائدة في عصرهـا ، وسيطـرنـا نحن على الأرض لمدة هي مجرد مليـون سنـة ـ وليس هناك ما يضمن أننا باقون هنا للأبد .



# الجزء الثاني

# أقرب نجم

# الفصل السادس

# أشعة الشمس حياتنا

نحن نعيش على بعد ستة أميال أسفل مظلة من الهواء وبخار الماء وغازات شتى نسميها «الجو». وتحددث التغيرات المناخية حينما يضطرب توازن طاقة الأرض. والشمس هي المصدر الأساسي للطاقة، وهي التي تقود دورة الجو وتتحكم في المناخ. وإذ تصطدم أشعة الشمس بطبقات الجو العليا فإنها تتشتت، أو يتم امتصاصها أو إعادة بثها بوساطة ما هناك من جزئيات كما تصيبها تغيرات كثيرة وهي في طريقها إلى الأرض وإلى الهواء الذي يدور في طبقات الجو السفلى والذي يؤثر فينا مباشرة.

ولسطح الأرض دوره الذي يقوم به. فالبحار تعمل كمستودعات للحرارة، والجبال والوديان تؤثر في انسياب الهواء. والتفاعل ككل معقد جدا، ولم يصبح علم الأرصاد الجوية علما أكثر موثوقية إلا حديثا جدا مع ظهور الأقمار الصناعية ذات الاستشعار البعيد. وأي اضطراب يمكن أن يحدث تغيرات مفاجئة ذات شأن. وتغير غازات عوادم السيارت هي والإيروسولات من كيمياء الجو وتبدل التوازن الحراري. وإذا حدث تغير في إنتاج الشمس أو حدث ما يعترض إشعاعها فإن تأثيرات ذلك في الأرض قد تكون تأثيرات درامية، كما حدث في العصور الجليدية. ولما كانت الشمس هي المصدر الأساسي للطاقة فسوف أركز على سلوكها وكيف يمكن أن تؤثر فينا.

إننا ندور حول الشمس مرة كل سنة، ونخبر خلال ذلك التنوع المناخي

الذي نعرفه ويلف سطح كوكبنا بسرعة ألف ميل في الساعة الواحدة، وندور حول أنفسنا مرة كل ٢٤ ساعة للداخل ثم الخارج من ظل الشمس ولهيبها. ويسخن الجو ويبرد، ويضطرب ثم يستقر ثانية.

ويوما بعد يوم ندور حول الشمس. ومسارنا ليس في دائرة كاملة بل ينحرف قليلا في قطع ناقص. وفي يناير نكون أدنى للشمس بأقرب قليلا من شهر يوليو، ومن ثم يكون صافي التسخين أكثر عند انتهاء السنة عنه في منتصفها. وهو تأثير بسيط عند مقارنته بتأثير ميل القطبين، الذي يتقدم بنا تجاه الشمس بما يجعلها عالية في السماء أثناء الصيف ثم ينحرف بنا بعيدا أثناء شهور الشتاء حيث تصبح الشمس منخفضة.

وخلال الوقت الذي نميل فيه لأعلى ثم لأسفل مرة واحدة، نكون قد درنا حول الشمس دورة واحدة، وهكذا تكون قد مرت سنة. وبعض النقط على المدار لها أهمية خاصة لأننا عندها نمر خلال مدار بعض رفاقنا في الدوران حول الشمس ــ أي حلقات الصخور التي تحترق عاليا في الجو كشهب. وستظل الحال هكذا عاما بعد عام إذا تعادل كل ماعدا ذلك. وقد تكون هناك تراوحات إحصائية ـ أيام حرارة زائدة، أو عواصف عنيفة عنفا زائدا ـ ولكن ما من شيء جديد على نحو فريد.

ولكن هذه ليست كل القصة. فنحن ندور حول نجم يقوم هو نفسه بدورة كبرى حول المجرة. وتستغرق الشمس ٢٠٠ مليون سنة من سنواتنا حتى تكمل سنة مجرية، وهي بالطبع تأخذنا معها في رحلتها. وخلال هذه الدورة نمر عبر مشاهد منوعة، وهناك فترات من الهدوء، كما هي الحال الآن، حيث لا يوجد الشيء الكثير من حولنا، وهناك فترات تقترب فيها نوعا نجوم أخرى. وبصفة دورية من خلال أذرع المجرة اللولبية ــ سحب كثيفة من الغبار حيث تتشكل نجوم جديدة. وإذا كانت الأرض تمر من خلال حلقات الصخور

الشمسية في أيام معـدودة، فإن اللقاءات المجرية يـزيد زمنها كثيرا على ذلك. فالمرور من خلال سحب الغبار يستغرق مليون سنة، ويمكن لهذه السحب أن تعتم الضوء، وأن تدخل إلى الشمس، وتغير من توليدها للحرارة، وتغير بهذا مناخ الأرض تغيرا ملحـوظا. ويـرى بعض علماء الفلك، ولكن ليس كلهم، أن العصـور الجليديـة العظمى هي نتيجـة لذلك: أي أنها تنـاظر على نطـاق المجرة وابلاتنا السنوية من الشهب.

ولقـاؤنا القـادم بأحد الأذرع اللـولبية للمجـرة بعيد جـدا، وفي حدود مـا يمكننا قولـه فإن الطريق الذي نسير فيـه يعد خاليا إلى حـد كبير لعدة ملايين قادمـة من الأميال. (نحـن في لحظتنا هذه نمـر من خلال ضبـاب رهيف من غبار مابين المجرات، ولكنه لا يؤثر فينا تأثيرا ملحوظا). على أن هناك احتمالا لأن تحدث تغيرات داخل الشمس قد تؤثر فينا على المدى القريـب.

ونحن ننظـر للشمـس كشيء مضمـون، ولكن أي شيء يحجبهـا عنـا سيصيبنا بالضرر. وأصحـاب نبوءة الشتاء الذري قد بينوا ذلك بـوضوح، وقد يكون في استطاعتنا أن نختبىء بعيدا عن الإشعاع النووي بأن نخرم أنفاقا تحت الأرض مثل الخلد، ولكن حـرائق الغابـات والمدن سوف تلف الكـرة الأرضية بغطاء من الدخان وتحجب عنا أشعـة الشمس. ويعتقد العديد من العلماء أن هذا يمكن أن يمثل نهاية الجنس البشري. فحتى لو لم نصب أنفسنا بالظلام، فإن الطبيعة يمكنها أن تحجب عنا الضوء.

وأذكـر أني رأيت وأنـا طفل بقعـة على الشمس في يـوم سـاده الضبـاب، وأذهلني اكتشافي هذا. وكان الأطفال كلهـم في فناء المدرسة ينظرون إلى البقعة واندفعـوا خارجين من حجراتهم الـدراسية وقت الغداء ليروا إذا كـانت البقعة مازالت هناك. وكانت البقعة باقيـة لاتزال، وبدت في تصوري أكبر مما كانت من قبل. كنت متأكـدا من أن تلك البقعة المظلمـة تزيـد حجما وسوف تمحـو

الشمس محوا . وانغرس فيّ الذعر من فكـرة أن تختفي الشمس ، ذعر من النوع الذي لابد أن المجتمعات البدائية كانت تشعـر به عندما يرى أفرادها الشمس وهي تتـآكل تماما في كسوف كلي . على أنـه مثلما كـانت الحال معهم ، لم يكن هناك في الحقيقة مـايدعو إلى جزعي . فالبقع الشمسية تظهـر بانتظام ، وتصل لذروتها كل ١١ سنة أو مايقرب من ذلك .

وتُلام البقع الشمسية على أشياء كثيرة . فهناك دعاوى بأنها تؤثر في الطقس وحتى في نتـائج الانتخـابات السيـاسيـة . فـالتغيرات التي تحدث في الشمس يمكن أن تترك عـلامـاتها على الأرض ــ بالمعنى الحرفي لـذلك . وتمكننـا هـذه العلامات من أن نرى كيف كان سلوك الشمس طيلة ٧٠٠ مليون سنة .

إن الشمس هي أقـرب نجم لـلأرض . وهي قـريبـة بما يكفي لأن نـرقبهـا بالتفصيل وأن نتعلم كيف تعمل النجـوم . ويعتمد بقاؤنـا كله على الشمس ، وهكذا فكلما فهمنا طرق عملهـا فهما أفضل كان تدبرنا لمستقبلنـا المباشر تدبرا من موقف أفضل . على أن المشكلـة هي أن أفضل نظريـاتنا لا تتلاءم تـلاؤما كاملا مع كل شيء ، وثمة إشارات مزعجة بأن الشمس ، هي أو شيء ما آخر ، تسلك سلوكا مضللا . فما مدى ما نعرفه عن ذلك؟

## قياس الشمس

نحن نعـرف مدى بُعـد الشمس عنا . وفي الفصل الثـالث عرفنـا كيف تم قياس ذلك . لقد تطلب الأمر ارتداد الرادار مـن الزهرة لنعرف مدى بعد ذلك الكوكب ثم قـارنا بين الوقت الذي تستغـرقه الزهرة لتـدور حول الشمس وبين سنتنا الخاصـة بنا . فإذا مـا وضعنا هاتين المعلـومتين فسنخرج بأن المسـافة إلى الشمس هي نحو ١٠٠ مليون ميل .

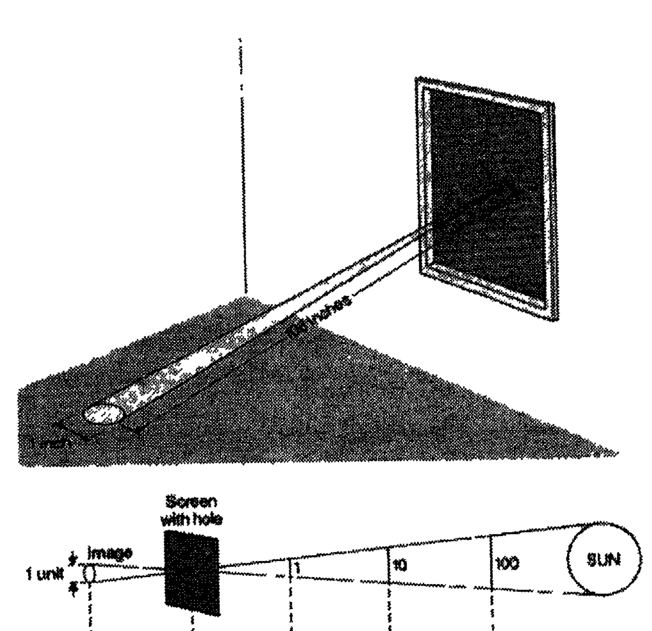
وحجم الشمس كما تتراءى لنـا من هنـا لا يتعدى حجم ظفـر الإبهام

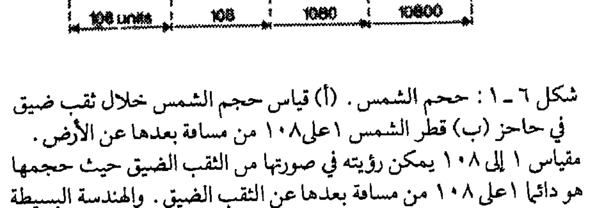
عنـد النظـر إليه على امتـداد الـذراع . وبما أن الشمس أبعـد من ذلك بما يقرب من ١٠٠ مليون مثل ، فإنه يمكننا أن «نقيس» قطرها على أنها ١٠٠ مليون مثل لظفر الإبهام ــ أي أنه ٩٠٠ ألف ميل ، أو ضعف قطر الأرض بنحو ١٢٠ مرة .

وثمة تجربة بسيطة تعطيك قياسا أكثر دقة لحجم الشمس (انظر شكل ٦ - ١) . ففي يوم شمسه ساطعة قم بتغطية زجاج نافذة تـواجه الجنوب بحـاجز حاجب للضوء ، وأحدث فيه ثقبا ضيقا . سترى على الأرضية صورة للشمس . قس حجم الصـورة بـدقـة وقس المسافـة إلى الثقب الضيق أيضـا . ستجـد أن المسافـة هي أكبر من قطـر الصورة بـ ١٠٨ أضعاف . ولا يهم هنـا مدى كبر حجم الغرفة : ففي الغرفـة الصغيرة تلقي الشمس بصورة صغيرة بينما في الغرفة الكبيرة تكون الصـورة أكبر بما يناسب . فإذا كـانت غرفتك كبيرة بما يقـرب من ١٠٠ مليـون ميل ، فإن حجم الصـورة سيكـون ممـاثـلا للحجم الحقيقي للشمس . وتبين الهندسـة البسيطة أن الصـورة ومسافة البعـد يكون بينهما دائما هذه النسبة نفسهـا . وهكذا فإن قطر الشمس قدره « ١على ١٠٨ » مـن مسافة بعدهـا عنا ، وبـالتالي فهـو يقرب من ٩٠٠ ألف ميل (وعلى هـذا فإن الحسبة القائمة على فكرة ظفر الإبهام كانت صالحة إلى حد كبير) .

وهكذا أصبحنا نعرف قدر المساحة التي تشغلها الشمس . فما وزنها؟

إن التفاح وكرات البرد تتساقط إلى الأرض . والأرض ونحن من فوقها تهوي إلى الشمس بسرعـة تقرب من ٣ ملليمترات في كل ثـانية . ونحن أيضـا نتحرك للأمام مسافـة عدة أميال في كل ثانية ، والنتيجة الصافيـة لذلك هي أننا ندور حول الشمس في شبه دائرة هائلة يتم اكتمالها في كل سنة .






شكل ٦ ـ ١ : حجم الشمس . (أ) قياس حجم الشمس خلال ثقب ضيق في حاجز (ب) قطر الشمس ١على١٠٨ من مسافة بعدها عن الأرض . مقياس ١ إلى ١٠٨ يمكن رؤيته في صورتها من الثقب الضيق حيث حجمها هو دائما ١على ١٠٨ من مسافة بعدها عن الثقب الضيق . والهندسة البسيطة تبين أن هذا يصدق على حجم الشمس الواقعية بالنسبة لمسافة بعدها عنا .

وعندما تسقط تفاحة من غصن عال فإنها تسقط بسرعة ١٦ قدما في الثانية الأولى، وهي سرعة توازي ١٥٠٠ ضعف سرعة سقوطنا إلى الشمس في الثانية . وسبب ذلك أن مركز الأرض لا يبعد عن التفاحة إلا بأربعة آلاف ميل بينما جاذبية الشمس تمتد عبر ١٠٠ مليون ميل . والجاذبية تقل في تناسب مع مربع المسافة، وهكذا فإن جاذبية الشمس تضعف بأكثر من ٥٠٠ مليون مرة بالنسبة لجاذبية الأرض . ولكنها في الواقع تقل فحسب بـ ١٥٠٠ مثل وسبب ذلك أن للشمس

كتلة هـائلة ـ فهي كمصـدر للشد «الجذبي» أقـوى كثيرا من الأرض. والواقع أنك عنـدمـا تقسم ٥٠٠ مليون على ١٥٠٠ يمكنك أن تحسـب بأي قدر تكـون كتلـة الشمس أكبر من كتلة الأرض. فإذا قمت بحساباتك بحرص فسوف تجد أن كتلة الشمس توازي ٣٣٠ ألف ضعف لكتلة الأرض.

وبما أن حجم الشمس يبلغ نحو مليون ضعف حجم الأرض فإن بإمكاننا أن نستنبط في التو أن متوسط كثـافتها هو نحو ثلث كثافتنـا، أو هو مثلان أو ثلاثـة أمثال لكثافـة الماء. ولكن لا تجعل ذلك يحدث فيك انطباعا بأن كثـافة الشمس هي هكـذا في كل أجزاء الشمس. فـالشمس عبارة عن كـرة من غاز الهيدروجين رقيقـة جدا عنـد الأطراف وكثيفـة جدا عنـد المركز. ولـلإبقاء على وضع كهذا فإن مـركز الشمس لابد أن يكـون ساخنا على نحو يفـوق التصور، فتـزيد حـرارتـه على ١٠ ملايين درجـة. ويمكننـا أن نستنتج أن درجة حـرارة السطح الخارجي هي ٦ آلاف درجـة فحسب. وهكــذا فإننـا بـالفعل قــد استنبطنـا قدرا لا بأس بـه من المعلـومات عن الشمس وهي على مـدى ١٠٠ مليون ميل منا.

إن النظريات الشائعة في الوقت الحاضر تعطينا الصورة التالية للشمس من الداخل: تحوي الشمس حتى الـربع من نصف قطرها، قلبا نشطـا تجري فيه تفاعلات نووية حرارية تنتج عنها الطاقة الشمسية: فالبروتونات (نوى ذرات الهيدروجين) تنـدمج معا لتبني عناصر أثقل ولينتـج عن التفاعل ناتج ثـانوي من جسيمات كالأطيـاف تسمى جسيمات النيوترينـو، وتنطلق هذه الجسيمات منسابة إلى الفضاء (انظر الفصل السابع). وتمتد من فوق هذا القلب (لما يصل إلى ٧٠ في المائة من نصف قطر الشمس) منطقة يتم فيها إشعاع الحرارة لأعلى. والثلاثـون في المائة الخارجية تدعـى منطقة الحمل الحراري حيث تنتقل الحرارة بالحركة العنيفة للغازات.

وفي هذه الحرارة تكون الذرات غير قـادرة على أن تظل متماسكة معا وهكذا فإنها تتمـزق إلى مكونـاتها : أي إلى إلكترونات ذات شحنـة سالبـة ونوى ذات شحنة موجبة . وهذه الجسيمات المشحونـة كهربائيا إذ تتحرك في دوامات تخلق مجالات مغناطيسيـة شديدة يتغير بنيـانها في دورة عمرها ٢٢ سنـة . وهي تشبه قطبا شماليا لمغناطيس يُقذف به للجنوب ثم يعود ثانية للشمال ، بنتيجة مؤداها أنك إذا قست قوة المجال فحسب دون قيـاس اتجاهه فإنك ستدرك دورتين من الشدة كل منهما ١١ سنـة . وقوة المجالات المغنـاطيسية يمكن أن تتبـاين أثناء الدورة بمقـدار عشرة أمثال ، وتكـون في حدهـا الأدنى في السنوات التـي تبدو الشمس فيها ساكنة ، أما في سنـوات النشاط فإن المجال المغناطيسي ينبثق من خلال السطح وتنشأ عنه البقع الشمسية والتوهجات الشمسية المشتعلة .

## البقع الشمسية

ثمة عقيـدة نفسية كامنـة في أعماقنا أن الشمس شيء كـامل لا يتغير. ومنذ آلاف السنين والشمس ترصد وهي تشرق وتغرب بانتظام بل وأحيانا كان هناك من عبدهـا . وآثار هـذه العبادة مـازالت باقيـة معنا حتى الآن . وكـان الكهنة القدماء في إنجلترا يزورون معبد ستونهنج ، ومن شبه المؤكد أن المعبد كان بمنزلة حاسوب قـديم لقياس الفصول؛ فبقاء الإنسان يعتمـد على البذر والحصد في الوقت المناسب . بل إن تاريـخ مولد المسيح ـ ٢٥ ديسمبر ـ فيه مايـذكرنا بعيد قديم ، هو عيد عودة ميلاد الشمس الذي يتبع منتصف الشتاء .

وكان الأزتكيـون* يعبدون الشمس . وإذا زرت شـواطىء البحر الأبيض المتوسط أو جنوب كـاليفورنيا سوف ترى الأتبـاع المحدثين لهذه العقيدة ، وهم يتمددون بطولهم تحت أشعة الشمس .

---

* سكان المكسيك قبل أن يفتحها الأسبان عام ١٥١٩ .

إن تلك الـدائرة الذهبيـة في السماء الزرقـاء لترمز إلى الكمال، خلق اللـه . ولقـد اضطهـدت الكنيســة جـاليليـو حين سجل لأول مــرة رؤيـة بقع على الشمس. ورغبتنـا في الكمال والثبات ربما أدت بنـا لأن نرى في الشمس مـا لا يوجـد مبرر لرؤيته فيها. فـالشمس ليست ثابتة ، وإنما هي في تـذبذب وهي تذوي حـاليا بمعدل قد ينتج عنـه عنصر جليدي مصغر خلال خمسين عـاما أخرى. وليس هذا بأمر عجيب كما قد تتصور، فالتباينات الشمسية قد سببت تغيرات في المناخ دامت عدة عقود في الأزمنة الحديثة.

وربما شكونا الآن مـن حالة الجو ولكن مهما كانت فصـول الشتاء سيئة فإنها لا تعد شيئا بالنسبـة للشتاء منذ ٣٠٠ عام. ففي تلك الفترة أصيبت أوروبا بعصر جليدي مصغر. وعلى حين تنتهي الثـلاجات عادة عند أعالي الجبـال فإنها وقتهـا تخطت حـدود القرى في وديـان الألـب. كما تجمـد نهر التيمز، وثمة لوحات كثيرة من المدرسة الهولندية في القرن السابع عشر تبين المتزحلقين على الجليد فوق قنوات هولنـدا. لقد كان هناك شيء غير عادي يجري أثنـــاء هـــذه الفترة على سطح الشمس، وقـــد لاحظـــه الفلكيـــون الأوروبيون والشرقيون والشرق أوسطيون.

وفي اجتماع لاتحاد الجيـوفيزيـاء الأمريكي عقـد في أوائل ١٩٨٦ تم تجميع عدد من الدراسات العلمية المستقلـة تتفق كلها على أن الشمس ينحدر حالها بثبات منذ ١٩٧٩ . فالأقمار الصناعية التي تدور حول الأرض، والصواريخ، والبالونات، والقيـاسات التي تجرى على مستوى سطح الأرض بينت جميعا أن الشمس تذوي، وتبـدو هذه العملية كنزعـة متصلة توجد من فـوقها دورة من فترة قصيرة ربما يمكن ربطها بدورة البقع الشمسية، لكن لا تـوجد معلومات أكيدة حتى الآن عما إذا كانت هناك حقا علاقة تربطهما أم لا.

والبقع الشمسية تأتي وتـذهب، وتظل البقع الصغيرة باقيـة لساعـات معدودة

فحسب، على حين يمكن لبعض البقع الكبيرة التي يماثل حجمها حجم الأرض أن تظل باقية لشهور. وفي سنوات الذروة قد يبلغ عدد ما يحدث من البقع مائتي بقعة. وفيما بين ذلك فإن النشاط يخمد وربما لا تحدث إلا ست بقع أثناء الحد الأدنى لنشاط الدورة. وينخفض مقدار ناتج حرارة الشمس ـ أي سطوع الشمس ـ في تناسب مع مقدار المسطح الذي تحجبه البقع. وبالمقارنة بالإشعاع «الكلي» الذي يصل إلى الأرض، فإن هذا يعد تأثيرا بسيطا وفيما بعد تتم استعادة التوازن. على أن هناك الكثير مما لا نعرفه بشأن ما وراء ذلك من ديناميات. فهل تحدث زيادة في أشعة إكس ونقص في الأشعة تحت الحمراء، أو زيادة في الأشعة فوق البنفسجية ونقص في البث اللاسلكي؟ إن الأمر يبدو كما لو كانت فرقة أوركسترا هائلة قد خفتت فيها إحدى النغمات فهل خفتت الوتريات؟ أم أن آلات الجهير المزدوج هي التي توقفت على حين زاد صوت الكمنجات قليلا؟ إننا في حاجة لأن نعرف المزيد عن ذلك لأن الأجزاء المختلفة من الطيف الكهرومغناطسي تؤثر في أجوائنا العليا بطرق مختلفة.

وقد ثار جدل كثير حول ما إذا كانت البقع الشمسية لها علاقة ارتباط بطقسنا أم لا. وإذا أردت تتبع هذا الجدل فعليك بقراءة المقالات المذكورة في باب اقتراحات لمزيد من القراءة. وعلاقات الارتباط كانت دائما مثار اختلاف رغم أن النوبة الطويلة من الطقس السيىء التي شهدتها أوروبا الشمالية فيما بين عامي ١٦٤٠ و١٧٢٠ تزامنت مع ما سمي «حد موندر الأدنى» فيما بين عامي ١٦٤٠، ١٧٢٠ (على اسم أ. و. موندر المشرف على قسم الشمس في مرصد جرينتش). وأثناء هذه الفترة بدت الشمس بلا بقع. ويزعم بعض الناس أن أحدا لم ينظر ليبحث عنها، ولكن هذا يبدو تسطيحا للأمور، فعلماء الفلك في تلك الفترة كانوا بارعين مثل علماء أي فترة أخرى، ويبدو أن هذا الحد الأدنى للنشاط الشمسي هو أمر حقيقي.

وقد يبدو من مبتكرات الخيال أن بقعا بعيدة هكذا يمكن أن يكون لها أي تأثير فينا هنا. على أنه وعلى الرغم من أن وجه الشمس الساطع بعيد جدا عنا، فإن جوها يمتد لما بعد الأرض بمسافة كبيرة، فنحن إنما ندور «من داخل» الشمس!

والمجالات المغناطيسية داخل الشمس مجدولة في ليات معقودة. وهي تمتص للداخل منطقة السطح الساطعة وتبردها، تاركة إياها وهي مظلمة نسبيا. وهذه القوى المغناطيسية يمكنها أيضا أن ترفع عاليا جسيمات مشحونة كهربائية في نتوءات هائلة أو توهجات مشتعلة يمكن أن تكون مرئية على نحو رائع، خاصة عند الكسوف الكلي. والنتوء ذو الحجم المعقول يزن مثل وزن جبل ومع ذلك فإن مجالات الشمس المغناطيسية قوية بما يكفي لقذف هذه الكتلة لأعلى بسرعة عدة مئات من الأميال في الثانية. ومجال الشمس المغناطيسي يكون ممطوطا ثم يرتخي فجأة كالمطاط، قاذفا بشعلة شمسية متوهجة في الفضاء تهرب من جاذبية الشمس.

وأي توهجات مشتعلة تندفع نحو الأرض تجعلنا نحس بوجودها. وتمثل أنواع الشفق القطبي الجميلة على وجه الخصوص علامة ملحوظة لذلك. فالشفق القطبي ينجم عن أجزاء من ذرات (إلكترونات ذات شحنة سالبة وبروتونات موجبة) قذفت بها الشمس ثم تفاعلت مع المجال المغناطيسي للأرض. ويقوم هذا المجال بزيادة سرعة هذه الجسيمات، وتصطدم هي بالذرات التي في جونا وتمزقها مع ما ينجم عن ذلك من ومضات ضوء.

وحتى نرى الشفق القطبي فإننا نحتاج إلى طقس صاف وأن نكون بعيدين عن خط الاستواء، والأفضل أن نكون قريبا من القطبين. ويتبدى الشفق القطبي للعيان في معظم الليالي في شمال سيبيريا، ولابلاند وجرينلاند، وآلاسكا، وهي مناطق لم يكن فيها وفرة من علماء الطبيعة في القرن

السابع عشر. أما في جنوب تلك المنطقة فتوجد مساحات مأهولة مثل السويد والنرويج وشمال اسكتلندا، حيث يمكن أن يحدث هناك شفق قطبي بمعدل متوسط من مرة كل أسبوعين حتى ثلاث مرات في الأسبوع. وحتى في لندن يحدث الشفق القطبي مرة كل شهرين، أو ٥٠٠ مرة في كل ٧٠ سنة. وقد يتوقع المرء أنه قد حدث أثناء حد موندر الأدنى عروض للشفق القطبي في ٣٠٠ ــ ١٠٠٠ ليلة في هذه الأجزاء من أوروبا التي كان يعيش فيها علماء للفلك. على أنه في الفترة من ١٦٤٥ حتى ١٧١٥ لم تتم رؤية سوى ٧٧ شفقا قطبيا فقط. وعندما رأى أدموند هالي واحدا منها في ١٥ مارس ١٧١٦، كان هذا أول شفق قطبي يراه ـ وكان عمره وقتها ٦٠ عاما وقد ظل لا يألو جهدا في رصد السماء طيلة عقود عديدة من السنين.

ولو كتبت قائمة بعدد الشفوق القطبية التي تمت رؤيتها من سنة لأخرى، فستجد فيها رسالة أخرى مثيرة للاهتمام. فهناك دوران للأرقام يبدأ من القرن السادس عشر، مع فترة توقف ملحوظة أثناء حد موندر الأدنى، وفترة التوقف هذه تسبق اندفاعه لأعلى، ما بعد عام ١٧١٦. وقد زعم بعض محبي الإثارة أن هذه الزيادة في أضواء شفق الشمال تبين أن الشمس قد ظلت تتغير تغيرا عنيفا أثناء الأربعمائة سنة الأخيرة. على أن هناك تفسيرا بديلا. فعصر النهضة في أوروبا الجنوبية أثناء القرن السادس عشر قد أدى إلى إثارة الاهتمام بالمعرفة وبالعلم على وجه الخصوص. ولكن هذا الاهتمام استغرق وقتا ليصل إلى أوروبا الشمالية، وهكذا فمن الممكن أن يكون تزايد رصد الشفق القطبي هو انعكاسا لوصول عصر النهضة متأخرا إلى خطوط العرض القطبية.

وليس من شك في أن الشمس تؤثر فينا تأثيرا مباشرا، كما يظهر ذلك من الشفوق القطبية، وهذا بدوره له علاقة بالبقع الشمسية. والبقع الشمسية تنمو ثم تنحسر في دورات من ١١ سنة. وهي تترك علاماتها على الأرض،

وهي الشفوق القطبيـة السريعة الـزوال، ولكنها أيضـا تترك سجلا آخـر أكثر دواما. فإذا مـا تتبعنا هـذا السجل للوراء فسيكـون في إمكاننـا أن نعرف كيف كانت الشمس تسلك حتى فترة تمتد لسبعمائة مليون سنة خلت!

## الكربون ١٤ وتاريخ الشمس

يتم قذف الأرض باستمرار بإشعاع من خارجهـا : هو الأشعة الكونية. فنوى العنـاصر التي يتم إنتـاجها في النجـوم البعيـدة تـدور في دوامة خـلال المجـالات المغناطيسية للمجرة، وتقع في قبضة الأذرع المغناطيسية للأرض وتصطدم بطبقات الجو العليا. ولكنها يتم نفخها أولا بوساطة الرياح الشمسية.

وعنـدمـا تكـون الشمس في حـالــة نشـاط شـديـد كما في سنـوات البقع الشمسية، فإنها تبعث بشعلات متوهجة وتكون الرياح الشمسية قوية. وهذه العاصفـة تحمينا من الأشعة الكـونية. وعلى العكس من ذلك، فعندمـا تكون الشمس هادئة تصـل الأشعة الكونيـة محتشدة وتصطـدم هذه الأشعـة بالجو، فتحول النيتروجين إلى نوع خـاص من الكربون، يسمى الكربـون ـ ١٤. وكل ذرات الكربـون تحوي نواتها ستة بروتـونات ذات شحنة موجبـة. ومعظمها لها ستـة نيوتـرونـات أيضا، بما يجعل العـدد الكـامل لمكـونات النـواة ١٢ جسيما فيسمى الكربـون كربـون ـ ١٢. أما الشكل غير المستقـر للكربـون الذي يتم صنعه بوساطة الأشعة الكونية التي في الجو فإن له ستة بروتونات كما في السابق ولكنه يحوي «ثمانيـة» نيوترونـات ـ بما يجعل عـدد الجسيمات الكلي أربعة عشر وبالتالي فإنه يسمى كربون ـ ١٤. وهذا النوع من ذرات الكربون يسبح في الجو أساسا في ثاني أكسيد الكربون.

وتمتص الأشجـار وأشكـال الحياة النبـاتيـة ثـاني أكسيـد الكربـون هـذا، ويتحـــلل الكـربـون بسرعة معلـومـة لينتهي إلى شكل الكـربـون المستقـر أي

الكربـون ـ ١٢ . وعلى ذلك إذا كـان لديـك قطعة خشب ذات عمـر معلوم، فإنك تستطيع كيميائيـا أن تقيس الكربون ــ ١٤ الموجود حاليـا ، وأن تعود إلى الوراء لتستنتج قدر الكـربون ـ ١٤ الذي تم امتصاصـه أصلا . وتمثل حلقات الشجر المصدر المثـالي لذلك . فكل حلقة تمثل نحو سنـة وهكذا فإن الحلقات في الأشجار القديمة يمكن أن تمدنـا بسجل للمناخ ، وسجل لنشاط الشمس طيلة قرون عـديدة . وتعتمد نسبة الكـربون ـ ١٤ على العمر المعـروف للحلقة وكثافة الأشعة الكـونية في تلك السنة . وثمة زيادة ملحوظـة في الكربون ـ ١٤ أثناء فترة حكم الملك الفـرنسي لويس الـرابع عشر وصلت ذروتها نحو ١٦٩٠ ــ في المنتصف مبــاشرة من حـد مـونـدر الأدنـى في دورة بقع الشمس . وقـد اشتهرت هـذه الزيادة في دوائر التأريخ بالكـربون باسم «تـراوح دي فريس» . وقد لاحظ عالم فلك بمـركز البحوث الجوية في بولدر بكولـورادو، يدعى جون إيدي ، أنه يبدو أن تـوافر الكربون ـ ١٤ له علاقـة بالفعل بالنشاط الشمسي . ومرة أخرى يتبين أن لهذا حدوده القصوى والـدنيا ، بما يطرح وجود دورة كبرى من مئات السنين ، وإن كـان من الصعب أن يتم اكتشـاف دورة من عقد لأن ثاني أكسيد الكربون يستقر من الجو عبر سنـوات عديدة ، ويخفي تأخر دخوله إلى المادة التراوحات التي تحدث على المدى القصير.

إن بوسعنا أن ندرس مقدار محتويات الكربون ـ ١٤ عبر فترات زمنية طويلة جـدا ، رجوعـا إلى الوراء حتى نحـو سنة ٦٠٠٠ ق . م . وتبين هـذه الدراسـة وجـود تـراوحات تمتـد عبر مـوجـة واحدة عظمـى . ففي زمن الفراعنـة كـان الكـربــون ــ ١٤ قليل التركيـز، ثم زاد ليصل إلى ذروة في أول ألـف عـام قبل الميلاد . ثم انخفض في اطراد حتى السنـوات المبكرة من القرن العشرين ، ومن وقتهـا حـدثت زيـادة مفـاجئـة . ولا تعني الـزيـادة الأخيرة أن الشمس هي المسؤولة ، بل تـرتبط بحقيقة أن المجتمع الحديث يحرق وقود الحفـريات بسرعة

ويدخل ثاني أكسيد الكربون في الجو والذي تحوي محتوياته من الكربون ـ ١٢ والكربون ـ ١٤ أخلاطا متنوعة عبر العصور.

وترجع النزعة السائدة على المدى الطويل ـ أي الارتفاع والهبوط بمقياس زمني من آلاف السنين ـ ترجع إلى التغيرات التي تحدث في مجال الأرض المغناطيسي. أما التراوحات التي تحدث على المدى القصير فترجع في أغلب الاحتمال إلى تغيرات نشاط الشمس التي تسبب تغيرات في منظومة الأرض ـ الشمس، وبالتالي تسبب تغيرات في امتصاص الأشعة الكونية. وهكذا توجد في واقع الأمر دورة تذبذب عمرها ١١ سنة، يمكن أن تؤثر أو لا تؤثر في الطقس، وتوجد تأثيرات على مدى أطول، مثل حد موندر الأدنى، لها تأثيرها في الطقس بما يكاد يكون مؤكدا.

وهناك سؤال مهم هو: ما الذي يدور في داخل الشمس ويسبب هذه التأثيرات؟ يوافق كل علماء فيزياء الشمس على أن النشاط الشمسي تسببه قوى مغناطيسية في داخل الشمس. وهناك نظريتان أساسيتان تنبنيان على ذلك.

وتفترض إحدى النظريتين أن المجال المغناطيسي الحالي للشمس هو ما تخلف من زمن تشكيلها. وفي هذه الحالة فإن القوة المغناطيسية ستقل ببطء ويقل معها نشاط الشمس. وإذا كان الأمر كذلك، فإن طبيعة تأثيراتها في الأرض سوف تتغير عبر مدى زمني طويل: بل إن فترة من ألف عام ستكون أقصر من أن تكشف عن هذا التغير.

وتفترض النظرية الرئيسية الأخرى أن هناك دينامو داخل الشمس. وكلمة «دينامو» هي المصطلح العام الذي يطلق على أداة يتم فيها تحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة من مجال مغناطيسي. وتحركات الجسيمات المشحونة في دوامات هي التي تبقي على المجال المغناطيسي عبر فترات زمنية طويلة.

وسـوف تظل الـدورة الشمسيـة باقيـة طيلـة بـلايين السنين ، مع تغير قليل . ويتطلب اختبار فترات زمنية بهذا المقياس من الطول دراية بالعصور الجيولوجية ووجـود علامـة ما للنشـاط السنـوى . وقد اكتشف جيـولوجي أسترالي اسمـه جـورج ويليـامز أخيرا كيف كـانت الشمس تسلك من ٧٠٠ مليـون سنـة في العصور ما قبل الكمبرية* .

بالقـرب من أدليد في جنوب أستراليا تقـع سلسلة جبال فلايـنـدرز. وهناك في حوض ممر ضيق تبطنه أشجار الكافور، توجد حجارة إبليزية حمراء وصخور من حجـارة رملية نـاعمـة تسمى «تشكيل إيـلاتينا» . وليسـت هذه الحجـارة مايمكن اعتباره شيئا غير معتاد ، لكن أهميتها تنبع من أنها تحمل رسالة شفرية عن الطقس قبل أن توجد أي حياة . فعند نهاية العصور الجليدية ، كانت كمية الفيضان السنوية في البحيرات القديمة تزيد أو تنقص حسب متوسط الحرارة . وكانت هذه الفيضانات تسبب ترسب الرواسب التي تسمى فارف Varves ، وهي تكون طبقات متميـزة بمثل تميز حلقات الأشجار. وتشكيل إيـلاتينا هو أحد أمثلة ذلك .

وقد قام عالم من جامعة ستانفورد بكاليفورنيا ، هو ر. ن بريسويل بتحليل مفصل لطبقات من الفارف تغطي فترة زمنيـة من ١٣٣٧ سنة . وأظهرت هذه الطبقات شواهد واضحة على وجـود إيقاعات تحدث كل ١١ سنة و٢٢ سنة ، و«تجوِّدها» إيقـاعات دوريـة أبطأ كل ٣١٤ سنـة ، و٣٥٠ سنة . وتخبرنـا هذه الدورات الأبطـأ بزمن وصـول الحرارة إلى الأرض ، وهي على علاقـة غير مباشرة فحسب بمسألـة دورة بقع الشمس . على أن الدورات التي من ١١ سنـة و٢٢ سنة فيها مايوحي بشيء .

وهنـا يأتي الاكتشـاف المثير لـلاهتمام . فعمـر دورات بقع الشمس يبلغ في

* العصر الكمبري هو أقدم أزمان الدهر القديم .

المتوسط ١١ سنة ولكن مدى التغير قد يكون من القصر بحيث يصل إلى ٨ سنوات أو يزيد إلى ١٥ سنة. ويبدو أن الساعة الداخلية للشمس تعيد الأمور إلى مجراها كل ٢٢ سنة، بحيث إن الدورة الزمنية القصيرة تعقبها دورة طويلة. وقد وجد بريسويل أن الدورات التي في ثخانات طبقات الفارف تظهر أيضا هذا النوع من السلوك. وهي تحدث بسبب تعديلات دورة الـ ٣٥٠ سنة وتفاعلها مع دورة الـ ١١ سنة. وقد بين بريسويل أيضا في مجلة «نيتشر» العلمية سنة ١٩٨٦ أن دورة الـ ٣١٤ سنة توفر إطارا يحدد قوة نشاط الذروة في دورات الـ ١١ سنة.

ونظريته هذه عن الدورات الأربع تتلاءم بصورة جيدة مع زيادات وتناقصات البقع الشمسية. وهو يتنبأ بزيادة مطردة في النشاط الشمسي حتى سنة ١٩٩١، وأنه ستكون هناك ذروة في عدد البقع الشمسية في هذه السنة بما يصل إلى نحو ١٠٠ بقعة. وإذا تبين صدق نبوءته فإن ذلك سيثبت أن طبقات الفارف القديمة تخبرنا بالفعل كيف تسلك الشمس الآن.

فإذا كانت دورة الشمس الآن تماثل ما حدث في كل تلك السنين التي خلت فإن نظرية «الدينامو» لابد أن تكون نظرية صائبة. وإني لأرقب باهتمام نتيجة تنبؤ بريسويل عن البقع الشمسية في ١٩٩١. وإذا حدثت الأمور كلها حسب النظرية فإنه سيكون في وسعنا أن نتأكد من أن الشمس على مايرام، فما من تغير كبير يحدث فيها ـ على الأقل ـ عند سطحها. على أن ثمة «إشارات» على أن شيئا غير موات يحدث هناك في الأعماق البعيدة داخل الشمس.

# الفصل السابع

# هل لا تزال الشمس تسطع؟

ظل التحديق في النجوم دائما شيئا يخلب اللب. والشمس هي أقرب النجوم إلينا وهي بوصفها كذلك تمدنا بفرصة فريدة لأن نتعلم بالتفصيل كيف سيسطع النجم. وتلك ليست مجرد نقطة أكاديمية، إذ إننا نعتمد على الشمس، وإذا انتهت الشمس فسننتهي نحن أيضا.

ونحن نعرف مدى حجم الشمس وأنها مصنوعة من نوع المادة نفسها التي صنعنا منها أنت وأنا. وثمة قطع يُقذف بها أثناء توهج الشعلات الشمسية العنيفة وينفخ بها في جونا نحن، وهكذا فرغم أننا لم نزر الشمس بعد، فإن قطعا منها قد زارتنا. ونحن نعرف تكوين الشمس الكيميائي من الخطوط القاتمة التي تتخلل طيفها، ويمكننا كذلك أن نعرف مايسود سطحها من الظروف، مثل درجة حرارتها التي تبلغ ٦ آلاف درجة، ونعرف أيضا مقدار الحرارة التي تصل إلينا وبالتالي قدر الحرارة التي خرجت من الشمس. ونحاول هنا على الأرض بأقصى جهدنا أن نفي بحاجاتنا من الطاقة، بينما تصب الشمس في كل ثانية طاقة في الفضاء تكفي للوفاء بحاجاتنا لمدة مليون سنة. وقد ظلت تفعل ذلك طيلة ٥ , ٤ بليون سنة. فما مصدر إمدادها السري؟

عندما يشتعل الفحم تطلق نيرانه الطاقة المختزنة في الوصلات الجزيئية bonds : أي الطاقة الكيميائية. والطاقة الكيميائية التي تنبعث من جرام واحد من أي شيء تقريبا تكاد تكون بالمقدار نفسه. وعندما يتم تمثيل الغذاء في

جسمنا فإنه يطلق الطاقة كحرارة، والانفجار الكيميائي ينجز هذه المهمة بسرعة أكبر كثيرا ولكن النتيجة الخالصة تكاد تكون الشيء نفسه.

وكان العلماء في القرن التاسع عشر يعتقدون أن النجوم تحترق بما يشبه كثيرا الاحتراق التقليدي، أي أن عناصر مختلفة تتحد معا لتشكل مركبات جديدة، ويتم في هذه العملية إطلاق الحرارة. فهذا هو مايحدث في الاحتراق: إذ تتحد ذرات الكربون الموجودة في الفحم أو الخشب مع الأكسجين الموجود في الهواء وتتحول إلى ثاني أكسيد الكربون (الدخان) وأول أكسيد الكربون (غاز سام). وهذا التفاعل الكيماوي يطلق الحرارة.

وتمثل الجاذبية وسيلة فعالة لإطلاق الطاقة، فالشلالات على الأرض ظلت تدير العجلات وتطحن الغلال طيلة قرون. واليوم تستطيع الشلالات المتساقطة أن تولد طاقة هيدروليكية تكفي لإنارة مدينة. والمفتاح هنا هو الشد «الجذبي» القوي لكتلة الأرض، ولما كان وزن الأشياء على سطح الشمس يزيد ثلاثين ضعفا على وزنها وهي على الأرض، فإن جاذبية الشمس هي بالمثل أكثر فعالية كمصدر للطاقة. وهي تستطيع أن تولد الكثير من الحرارة بأن تتقلص بفعل وزنها هي نفسها. وهناك تمثيل جيد لذلك سمعته ذات يوم، وهو أنك إذا ألقيت جالونا من البنزين في داخل الشمس فستنتج عنه طاقة تبلغ ٢٠٠٠ ضعف بالمقارنة بالطاقة التي تحصل عليها من إحراق الوقود.

وتتكون النجوم عندما يحدث لسحب الغاز في الفضاء أن تقع معا تحت تأثير جذبها المتبادل. وينتج ذلك السخونة المبدئية للنجوم الأولية، في وقت مبكر تماما، ولكن لو كانت هذه هي كل القصة لما بقيت النجوم طويلا. فالشمس لو كانت تولد حرارتها بهذه الطريقة لكان عليها أن تستخدم وقودها بمعدل هائل حتى تجعلنا دافئين ونحن على بعد ١٠٠ مليون ميل، ولكانت تنكمش في كل سنة بعدة عشرات من الأمتار، وهي مسافة يقطعها العداء في

ثـوان معدودة. وهـذا الانكماش تـدريجي جدا بحيـث لا نستطيع اكتشافـه، ولكن لو عـدنا إلى الوراء في الزمان لـوجدنا أن الشمس ستكـون في هذه الحالة أكبر كثيرا ممـا هي عليـه الآن: وستكون الشمس ملء السماء كلهـا منـذ ٥٠٠ مليون سنة. إلا أن السجـلات الجيولوجية تبين أن هـذا لا يمكن أن يكون قد حدث، فـالتمثيل الضوئي فيما يبـدو ظل يحدث منذ ٧٠٠ مليـون سنة خلت مثلما يحدث الآن، ويـدل هـذا على أن سطـوع الشمس لم يتغير كثيرا في هـذا المدى الزمني. وأيا كان ما يزود الشمس بالـوقود فلابد أنه قادر على فعل ذلك دون أن يغير من حجم الشمس أو محتوى وقـودها أي تغيير ذي دلالـة على مر مئات الملايين من السنين.

ولقد حير هذا اللغز العلماء في القرن التاسع عشر. وذهـب بعض المعارضين لنظريـة التطور إلى أن الحل واضح تماما: «فـالمفارقة» تثبت أن الأرض عمـرها آلاف معدودة من السنين فحسب، كما في تفسير الأسقف أشر للإنجيل (كان الأسقف أشر قد قام في القـرن السابع عشر بجمع أعمار «آباء» الجنس البشري المذكورين في التوراة وأرخ لخلق الأرض بأنه حدث على وجـه الدقة في السادسة بعد الظهر من يوم ٢٢ أكتوبر عام ٤٠٠٤ قبل الميلاد).

أمـا اللورد كلفن، وهـو أحـد العلماء المبرزين في عصره، فقـد تناول هـذه المشكلة أيضا. ووجد بدوره لغزا آخـر يتعلق بالأرض، ولكنه كما سنرى يرتبط أيضا بمصدر وقود الشمس.

فكر كلفن كيف أن الأرض دافئـة ـ ٣٠٠ درجة فوق الصفـر المطلق ـ وهي في عزلتهـا في الفضاء الذي تبلغ بـرودته ما يزيـد على برودة ثلاجـات التجميد الشـديـد. إن الأرض تمتص أثنـاء النهـار بعض الحرارة من الشمس ولكنهـا تعكس الكثير من ضـوء الشمس إلى الفضاء ثـانية. وأثناء الليـل تفقد الأرض الحرارة سريعا إلى بـرودة الفضاء. ولابـد أن الأرض قد ظلـت السنة تلـو السنة

تفقد الحرارة: وحسب كلفن أنه حتى تبرد الأرض من صورتها الأولى ككرة من غاز متوهج لتصل إلى الحرارة السائدة في بيئتها الآن، فإن ذلك لن يستغرق أكثر من ٢٠ ـ ٤٠ مليون سنة. أما الجيولوجيون فهم يصممون في الوقت نفسه على أن الصخور التي على الأرض يبلغ عمرها ما يزيد على ١٠٠ مليون سنة. فكيف تأتى أن تكون الأرض صالحة للسكنى، وأنها ليست بالفعل أبرد مما في شتاء سيبيريا؟

وظهرت الإشارات الأولى على مايجري في الكون أكثر بكثير مما يعرفه أفراد العصر الفكتوري مع سلسلة الاكتشافات السريعة بشأن طبيعة الذرة عند نهاية القرن. وذهل المجتمع الفكتوري باكتشاف أشعة إكس وتهديدها بالكشف عما لديك؛ تحت ملابسك. ثم اكتشف هنري بيكريل بعدها، في باريس عام ١٨٩٦، النشاط الإشعاعي، أو الإشعاع التلقائي الذي يحدث من أملاح تحوي عنصر اليورانيوم. وسرعان ما قامت ماري كوري وزوجها بيير بفصل أحد العناصر وهو الراديوم، وهو عنصر له نشاط إشعاعي تلقائي هو من الكبر بحيث يجعله يبث دفئا محسوسا ويتوهج في الظلام. وكان ذلك دليلا على مصدر للطاقة جديد بالكامل، شيء يتجاوز مجرد الكيمياء. فلو استطاع المرء أن يحول الطاقة إلى قوة بكفاءة تحويل تبلغ ١٠٠ في المائة فإن الطاقة المحتواة داخل جرام من الراديوم ستكون كافية لتحريك سفينة قوتها ٥٠ حصانا بطول الطريق حول العالم بسرعة من ٣٠ ميلا في الساعة.

أما أرنست روذرفورد وزملاؤه في العمل في كمبردج ومانشستر بإنجلترا، وجامعة ماكجيل في كندا فقد أدركوا أن مايحدث في النشاط الإشعاعي هو أن الذرات تنفجر، وتتغير الذرات من نوع إلى الآخر بدلا من أن تمتزج معا كما يحدث في حالة احتراق الفحم أو الخشب.

والذرات تتكون من إلكترونات خفيفة الوزن تحيط بمركز أكثر ثقلا

واندماجا، هـو نواة الذرة. ونواة الذرة بدورهـا لها بنية داخلية من جسيمات لها كتلـة تسمى البروتـونـات والنيـوتـرونـات. والتفـاعـلات الكيماويـة تتنـاول الإلكترونـات التي في الأطراف، أمـا النشاط الإشعـاعي فيتناول إعـادة تنظيم البروتونات والنيوترونات الموجودة في النواة.

وكان في هـذا ما يعـد بيوتـوبيا غير مسبـوقة: فـذرات أحد العنـاصر غير المفيـدة، قـد يتم تحويلهـا إلى ذرات عنصر أكثر إفـادة كما أن قـدرا هـائلا من الطاقة ينطلق في هذه العملية. وإذا كان الأمر لم ينته على هذا النحو تماما، إلا أنه مـا من شك في أن الطاقـة الكامنـة في نواة الذرة تـزيد مليـون مرة على تلك النـاتجة عن العمليات الكيميـائيـة. والجرام الواحـد فيـه مقدار جـد كبير من الذرات بحيث إن هذه الطـاقة يمكن أن تتدفق منها طيلـة دهور دون أن تخمد بالفعل. ولقد أدرك روذرفورد أن هذا هو المفتـاح لحل لغز كلفن: فالراديوم هو والعنـاصر المشعـة الأخـرى الموجـودة داخل قشرة الأرض تمد بمصـدر إضـافي للحرارة التي تدفىء الكرة الأرضية، . وهذا الدفء الإضافي سيبطىء من عملية التبريـد، والنتيجة، هي أن الكـوكب الأرضي قـد استغرق العـديد من مئـات الملايين من الأعوام لتهبط حرارته إلى درجتها الحالية.

وهذا التبريـد الأقل سرعة يعني أن الكـوكب الأرضي يستطيع أن يعيش في المستقبل لزمن أطـول بمثل ما هـو الآن أطول عمرا. وعنـدما أعلن روذ فورد ذلك في المعهـد الملكي في مايو ١٩٠٤ قامت الصحف بنشره بـوصفه «تأجيل يوم القيامة».

وكان بين المستمعين إليه اللورد كلفن وهو من اقترح الفكرة الأصلية، وكان روذر فورد قلقا من ذلك بعض الشيء. على أنه ما أن بدأ روذ فورد الكلام حتى راح كلفن يغط في النـوم. وكـان روذرفورد قلقـا بشأن ذلك الجزء من حـديثـه حيث تتضارب أفكاره مع أفكار كلفن. وأخيرا وصل إلى الجزء الحرج من كلامه وعندها فتح كلفن إحدى عينيه ونظر إليه.

وواتى الإلهام روذرفورد في الـوقت المناسب فأنقـذه. إذ أعلن أن لورد كلفن قـد حدد عمـر الأرض «شريطـة» أنـه لا يوجـد مصـدر آخـر للطاقـة قـد تم «اكتشافه». ثم نسب بعدها لكلفن أن قولـه هذا كان كالنبوءة حيث إننا «نرى الليلة أن النشـاط الإشعاعي هو مصدر الطـاقة الجديد». وتقول التقـارير إن ابتسامة علت وجه لورد كلفن عند سماعه هذه العبارة.

والقوى الكهربائية تُبقي على الإلكترونات في مداراتها البعيدة، وهناك قوى أشد بكثير تعمل في داخل النواة وتطلق طاقات هـائلة عندما يحدث اضطراب في مكونـات النواة : أي البروتـونات والنيوتـرونات. ونحن جميعـا ندرك ذلك تماما بسبب القوى المروعة التي تطلقها الأسلحة النـووية، فالتفاعلات النووية هي التي تسبب الانفجار.

وتختلف ذرات العنـاصر المختلفة في عدد البروتـونات التـي في نواتها. والهيدروجين هو أبسط العناصر ولا تحوي نواته سوى بروتون واحد. ويليه الهليوم في البساطة ويحوي بروتونين، بينما تحوي نواة الكربون ستة بروتونات والأكسجين ثمانية. والحديـد هو أكثر الجميع استقـرارا في تشكيله ويحوي ٢٨ بروتونا بينما تحوي نواة اليورانيوم المتفجرة ٩٢ بروتونا.

والنـوى التي تحوي بروتـونات أكثـر من الثمانية والعشرين الموجـودة في عنصر الحديد تفضل أن تنشطـر أو «تنقسم» وتطلق طاقة. وهذا هـو نوع العملية التي تحدث في القنابل الذرية. وعلى الطرف الأقصى الآخر حيث النوى الخفيفـة مثل الهيدروجين، فإنـه قد يحدث أن تتحـد معا نـواتان أو أكثر، لتبني نـواة عنصر أكثر ثقـلا ويؤدي ذلك أيضـا إلى إطلاق طـاقة. وتسمى هذه العمليـة «اندماج». وهذا هـو المبدأ الذي تقوم عليـه القنبلة الهيدروجينية، وهو مصدر طاقة الشمس، وهكذا تم حل «مفارقتين اثنتين باكتشـاف الطاقـة النوويـة : انشطار العنـاصر الثقيلة الـذي يساعـد على

الاحتفـاظ بــدفء الأرض وهي في ثـلاجـة الفضـاء ، وانـدمـاج العنـاصر الخفيفة معا والذي يوفر الناتج الحراري للنجوم .

والمصــدر المولد للطـاقة في هـذه العمليات النـووية هـو تحول المادة إلى طاقة . وتقوم محطات الطاقة النـووية يشطر نوى ذرات اليورانيوم الثقيلة إلى نوى أخـف تكون كتلتها مجتمعـة أقل من كتلـة اليورانيـوم الأصلي . وفارق الكتلة يظهـر كطاقـة ـ وهكذا تعمل أشهر معادلة في الفيزياء $E=MC^2$ ، أو ط = ك س٢* وإذا كانت كتلـة من ك جراما قد تحولت بـالكامل إلى طاقة ، فإن كمية من الطاقة ط يتم إنتاجها محسوبة بالإرج ، حيث س هي سرعة الضوء (٣×١٠^١٠ سم لكل ثانية) . وهكذا فإن مكافىء الطاقة لجرام واحـد من أي شيء يكـون ٩×١٠^٢٠ إرج ــ أي نحو ٢٥ مليـون كيلـوات ساعـة . والشمس تنتج الطاقة بما هـو أسرع من ذلك بمليون مليـون مرة ؛ وهي تفقد في كل ثانية ٥ مـلايين طن . ويمكن للشمس أن تكون قد بثت إشعاع الطـاقة طيلـة حياتها ، محولة فحسب مـا يقل عن ١/ ٠٠٠ ,٥ من إجمالي كتلتها إلى طاقة .

والعملية المستخدمة في منشآت القوى الذرية لا يمكن أن تعمل داخل الشمس : فـالشمس تتكـون كلهـا تقــريبـا من الهيـدروجين ، وليس من العناصر الثقيلة مثل اليورانيـوم ـ فيتكون ٩٢ في المائة من الشمس من قوى الهيدروجين و٧ في المائة من الهليـوم والباقي يتكون من نـوى عناصر أثقل ، هي الناتج العادم للمفاعل .

وأكثر الأحـداث شيوعا داخل الشمس هو أن يحدث بعـد سلسلة من الاصطدامـات أن تندمج أربعة بروتونات لتنتج نواة واحدة من ذرة الهليوم .

---

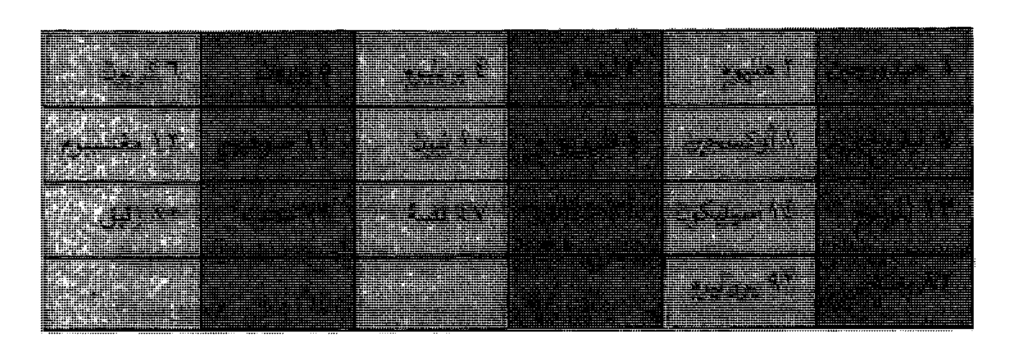
* ط=الطاقة ، ك=الكتلـة ، س=سرعة الضوء ، وهذه المعادلـة ، أي الطاقة =الكتلة×مـربع سرعة الضوء ، أوردها أينشتين في نظريته عن النسبية الخاصة

وهـذه الذرة أخف من البروتـونات الأربعـة فينطلق فارق الكتلـة كطاقـة ، نحسها في النهاية كدفء هنا على الأرض .

## العناصر الذرية

تتكون الـذرات من الكترونات سـالبة الشحنة تحيـط بنواة مركـزية مـوجبة الشحنة ، والتجاذب الكهربائي ما بين الشحنات المتعـارضة هو ما يساعد على إبقاء الذرة متماسكـة معا . وتتكون أبسط الذرات من الكترون واحـد ونواة فيها وحـدة واحـدة من الشحنة الموجبـة وتلك هي ذرة الهيـدروجين . والنـواة ذات الشحنتين الموجبتين تجتذب الكترونين مكـونة ذرة هليـوم . فعدد الالكترونـات يحدد هوية العنصر.

وتـورد القـائمـة التاليـة عـدد الالكترونـات في أخف العنـاصر وفي بعض العناصر الثقيلة الشائعة :

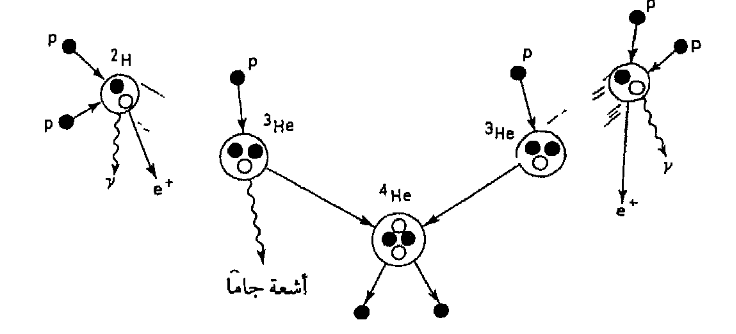


| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ١ هيدروجين | ٢ هليوم | ٣ ليثيوم | ٤ بريليوم | ٥ بورون | ٦ كربون |
| ٧ نيتروجين | ٨ أوكسجين | ٩ فلورين | ١٠ نيون | ١١ صوديوم | ١٢ مغنسيوم |
| ١٣ ألومنيوم | ١٤ سيليكون | [illegible] | ٤٧ فضة | [illegible] | ٨٠ زئبق |
| ٨٢ رصاص | ٩٢ يورانيوم | | | | |

وتندمج البروتونات عندمـا تتلامس ، ولكن الوصول بها إلى ذلك ؛ يشبه أن ترغـم قطبين شماليين لمغناطيسين على أن ينضما معا بـدقة تصل إلى مـايقل عن جـزء من البليـون من جـزء من الألف من المليمتر. وحتى يمكن التغلب على التنافر الكهربائي يتعين أن تصطدم البروتونات وعند سرعة عالية جدا ، أو عند

درجة حرارة عالية جدا. ونحن على الأرض نستطيع أن نعجل البروتونات داخل معجلات ضخمة مثل المعجل الموجود في المركز الأوروبي للبحث النووي في جنيف (CERN). وقد جمعت معا نتائج مثل هذه التجارب، حيث يتم إطلاق قذائف البروتونات أحدها على الآخر أو إطلاقها على نوى عناصر أخرى، وكذلك نتائج التجارب الأخرى التي تنطلق فيها الطاقة من مفاعلات نووية ويتم قياسها، وأمكننا من تجميع هذه النتائج كلها أن نستنبط تأثيرات التفاعلات النووية التي تجرى في داخل النجوم مثل الشمس. وهي تدل على أنه حتى يتم اندماج البروتونات لتمتد الشمس بالوقود، فإن الحرارة في قلب الشمس ينبغي ان تكون أكثر من ١٠ ملايين درجة. وهذا الهياج الحراري يدفع البروتونات لتنضم معا، وتحافظ الطاقة المنطلقة على الحرارة والظروف اللازمة لأن يستمر المفاعل في عمله.

لقد تمثلت الاستنتاجات التي تأتت من التجارب النووية في المعامل على الأرض فيما يلي: «اذا كانت الشمس تعمل على هذا المنوال، فإنها يجب أن تكون ساخنة هكذا». والمعجزة أن الشمس في واقع الأمر «هي» بالفعل ساخنة هكذا، ونحن نعرف ذلك لأننا نعرف مدى ثقلها. إن وزنها يسبب ضغطا مكثفا عند مركزها، ضغطا يوازي مايقرب من ٢٠٠ بليون ضعف ضغطنا الجوي على الأرض. وتنجو الشمس من التقلص لأن الغاز الموجود في المركز يضغط في الاتجاه المعاكس. والغاز الذي تحت ضغط في حيز محدود يزداد حرارة. ويمكننا من كتلة وحجم الشمس أن نحسب الحرارة اللازمة لمنعها من التقلص. أنها تبلغ ١٥ مليون درجة، وهو كم من الحرارة يكفي لأن يدفع البروتونات معا حتى تندمج. وهذه المعلومات المختلفة التي استنبطناها عن الشمس - كتلتها، والضغط على داخلها والحرارة الناجمة عن ذلك، والاندماج النووي الذي يكفي نفسه بنفسه تحت هذه الظروف، كل هذه المعلومات تتلاءم معا في اتساق.




(شكل ٧ ـ ١) تحول الهيدروجين إلى هليوم داخل الشمس  البروتونات (ب ورمزها ● ) تصطدم وتتحول إلى نيوترونات (ن، O) في العملية. (ب) + (ب) ⟵ + ن + أ + ف، حيث أ+ هي بوريترون، وف نيوترينو ويتم إشعاعها بعيدا. وفي المرحلة الأولى (أعلى اليمين أو أعلى اليسار).

ب + ب ب + ن + أ⁺ + ف

ب + ن ⟵ ٢يد

والبروتون والنيوترون يمسك أحدهما بالآخر في إحكام ليصعا نواة «الهيدروجين الثقيل» (الذي يسمى أيضا ديوترون، ورمزه ٢يد. وفي المرحلة الثانية (الوسطى يمينا أو يسارا) يمسك الديوترون بروتون واحد ويشكل نواة هليوم مكونة من بروتونين اثنين ونيوترون واحد. ولما كان إجمالي الجسيمات المكونة للنواة هو ثلاثة فإن هذا يرمز له ب ٣ هل. وتكتب العملية كالتالي

ب+ ٢يد ⟵ ٣هل + جاما

حيث جاما طاقة تشع كضوء.

المرحلة الثالثة (في المنتصف): تصطدم نواتان من ٣هل، بما يصل بإجمالي جسيمات النواة إلى أربعة بروتونات ونيوترونين كلها معا. وهذا الاتحاد غير مستقر وينكسر في التو إلى نواة مستقرة لـ ٤ هليوم (٢ب و٢ن)، ويطلق البروتونان الآخران ليبدأ ثانية الدورة كلها من جديد.

٣هل + ٣هل ⟵ ٤ هل + ب + ب

والسلسلة كلها قد بدأت بستة بروتونات وتنتهي إلى ٤ هل (٢ب + ٢ن)، وبروتونان وطاقة تنطلق في شكل جسيمات نيوترينو وضوء. والنتيجة الخالصة للتغير هي أن ٤ نوى للهيدروجين (بروتونات) قد أنتجت نواة هليوم واحدة وطاقة تشع.

وهكذا لا يعـود هناك شك في أن هذا هـو مصدر نتاج الشمس. وبـالتالي يصبح وجودنـا نتيجة لتوازن رهيف. فـالاندمـاج يحدث بالسرعة الكـافية لأن تظل الشمس تحترق، ولكنـه أيضـا بطيء بما هـو كاف لبقـاء الشمس الـزمن الكافي لأن تنشأ حياة ذكية على أحد كواكبها.

ويمثل تحول الهيـدروجين إلى هليـوم أغلب، وليـس كل، مـايـدور داخل الشمس. فأحيـانا تتصـادم ثلاث نـوى للهليوم وتنـدمج لتصنع نواة واحـدة للكـربـون. صحيح أن احتمال حـدوث ذلك هـو احتمال ضئيـل جـدا لكن مايحدث في الواقع هو أن نواة الكربون هذه يحدث أن تتذبذب قليلا بطاقة مميزة أو بما يسمى طاقة «الرنين». وهـذه الطاقة لنواة الكربون المتذبـذبة تماثل تقريبا الطاقة التي لثلاث نوى من الهليـوم وهو ما يجعل من الأسهل كثيرا لنواة الهليوم أن تشكل الكربون. ولو لم يكن الأمر كذلـك لما كنا هنا. بل إن الكون ما كان ليكون فيه إلا أقل القليل من أي شيء أثقل من الهليوم!

وما أن يتكون الكربون، الأكبر كتلـة من الهليوم، حتى يصبح هدفا سهلا للبروتـونـات الموجـودة في كل مكـان، فيمتص واحـدا منهـا ويتحـول إلى نيتروجين. وباصطدامين آخرين بالبروتـونات مع بثه من نشاط إشعاعي ينتج الأكسجين وأشعـة جـامـا، وجسيمات أطيـاف «سـاخنـة» تسمى جسيمات النيوترينو تتدفق من الشمس إلى داخل الفضاء ويمكن الكشف عنها هنا على الأرض. وبصدمة أخـرى بأحد البروتونات ينشطـر الأكسجين إلى نواة واحدة للهليوم ونواة للكربون. وهكذا فإننا قد سرنا في دورة: من الكربون إلى الكربون ثانيـة مع إشعاع طـاقة خـلال العملية. وهـذا الكربـون هو مثل بيضـة تنتظر الإخصـاب بـواحـد من البروتـونات الكثيرة التـي مازالـت موجـودة في مـركـز الشمس، وبهذا فهو مهيأ لأن يسير في الدورة مرة ثانية.

ونتيجة هذا كله هي أن الكربون مادة حافزة catalyst، فهو يلتهم البروتونات من قلب الشمس ويغير من أوضـاعهـا عـدة مـرات قبل أن ينتهي إلى الكـربـون

والهليـوم وإطلاق الطـاقة. ويتم استهـلاك البروتونـات بمعدل ٥ مـلايين طن في الثانيـة، على مدى كل يـوم وسنة وقرن طيلـة الدهـور. وهكذا فإن الشمس تتغير وئيـدا من قنبلة هيـدروجينية إلى كـرة من الهليوم. وفي الـوقت نفسه سيظل هنـاك مايكفي لأن نبقى دافئين لخمسة بلايين سنة أخرى أو مايقرب. إلا إذا. . .

لنفـرض أن العمليات النـووية ـ الحرارية التي تجري في قلب الشمس قـد هبط معدلها. من الممكن أن ينقضي زمن طويل قبل أن تصل إلى سطح الأرض أخبار الظروف التي تغيرت في قلب الشمس. وهكذا فإنه يمكن الآن أن نكون في زمن مـا من هـذه الفترة، منتظرين أن ينطفىء النـور عنـد السطح. إلا أن الانـدماجـات التي تحدث في قلب الشمس لها نتـاج ثـانـوى ـ هـو جسيمات النيوتريـنو ـ وعدد هذه الجسيمات هو بمنزلة مقياس للحرارة: وعندما نكتشفها على الأرض يمكننا أن نقيس درجة حرارة الشمس الداخلية. وانخفاض تدفق جسيمات النيوترينو يمكن أن يكون الإنذار المبكر لنا عن أزمة طاقة حقيقية.

وهنا تواجهنا المشكلة: فعدد جسيمات النيوتـرينو التي تصلنا هو بالمقارنة أقل كثيرا من الأرقام المتوقعة لـو كانت الشمس تسلك كما نعتقد أنها ينبغي أن تسلك. فما الخطأ؟ يحاول أفـراد كثيرون اكتشـاف ذلـك وليس من تفسير أكيـد حتى الآن، ولكن هناك احتمالات عديدة. ولبعض هـذه الاحتمالات نتائج غريبة تترتب عليها ليس بالنسبة للشمس فحسب وإنما بالنسبة لمستقبل الكون كله.

وسأقوم أولا بتـوصيف ما تكونـه جسيمات النيوترينـو هذه وكيف نكشف عن وصولها للأرض. ثـم أقوم بعدها باستعـراض الآراء التي تلقى قبولا أوسع لدى العلماء فيما يتعلق بتفسير أنها أقل مما ينبغي.

## لغز النيوترينو

النيوترينو هو أحد أكثر أشكـال المادة انتشارا في الكون، كما أنه من أكثرها

مراوغة. وكتلتـه أقل من جزء من المليون من كتلة البروتون. والـواقع أنه قد لا يـزن شيئـا على الإطلاق ـــ فما من أحـد أمكنـه حتى الآن أن يقيس وزنـا بـالغ الضآلة إلى هـذه الدرجة، وهو متعادل كهربـائيا ويمكنه أن ينتقل عبر الأرض بسهولة انطلاق رصـاصة خلال كومة ضباب. وإذ تقـرأ أنت هذه الجملة فإن بلايين من جسيمات النيوتـرينو تندفع خلال مقلتيك بسرعـة الضوء ولكنها لا ترى. ويقدر الباحثون أنه يـوجد مابين ١٠٠ و١٠٠٠ نيوترينو في كل سنتيمتر مكعب من الفضاء.

وهناك «ريـح» كثيفة لكن لا تُحسّ من جسيمات النيـوترينو، والمنبعثـة من العمليـات النوويـة داخل الشمس، تتحـرك باستمـرار فـوق سطح كوكبنـا. وفضلا عن ذلك هناك نسمات أخف من جسيمات النيـوترينو تأتي من النجوم المتقلصـة ومن عمليـــات كـارثيـة أخـرى تجري في مجرتنـــا. وتسطع الشمس بجسيمات النيـوترينـو بالقـوة نفسها تقـريبا التي تسطع فيهـا بالضـوء المرئي. وتغمر جسيماتها من النيوترينـو التي من النجوم الأخرى بمثل ماتطغى شمس النهار على النجوم الأخرى.

ولو كـانت أعيننا ترى جسيمات النيوتـرينو لكنا قادرين على الـرؤية في الظـلام. بل ولأصبح النهـار دائما، وذلـك لأن الأرض شفـافـة بـالنسبـة لجسيمات النيـوترينـو خـارجها فيما يقل عن ثـانيتين. ونحن عنـدما نـرى الشمس فإنما نرى النـاتج النهائي لعمليـات جرت في مركـزها عندمـا كان أفراد الإنســان البدائي يمشون على الأرض لأول مـرة. ولو أننا كنـا قادرين على رؤية جسيمات النيوترينو لكـان باستطاعتنا أن ننظر إلى قلب الشمس وأن نراه كما هو «الآن».

ومكمن الصعـوبة هنـا هو أن علينـا أن «نمسك» بجسيمات النيـوترينـو. والصعوبة هنا واضحة: فإذا كـان بإمكان هذه الجسيمات أن تهرب من خلال

كل ذلك الاضطــراب العظيم في الشمس، فما الـذي يــرغمهــا على أن تسلم نفسها حسب ما يلائمنا؟ إن الحيلة التي يمكن استخدامها هنا هي أنه إذا كان من غير المرجح على الإطلاق بـالنسبة لجسيم واحد من النيوتـرينو أن يحدث له تفاعل فإنه عند وجود كثرة من هـذه الجسيمات ووجود مادة كافية تترقبها، فإنه سيتم بين وقت وآخر الإمساك بواحـد من هذه الجسيمات ويمكن تصور حجم المشكلة من حقيقة أنه قد مر نصف قـرن بأكمله على تنبؤ الفيزيائي النمساوي ولفجانج باولي بوجود جسيمات النيوترينو، دون أن يتمكن أي فرد من الإمساك بها وإثبات صحة هذه الفكرة.

وقد خطرت لعالمي فيزياء يعملان في معمل لوس آلاموس بنيو مكسيكو في الخمسينيات من هذا القـرن فكرة «القيام بأصعب تجربة فيـزياء ممكنة». ورأى هـذان الفيزيـائيان، وهما كـلايد كـوان وفـريد رينـز، أنه إذا كـانت جسيمات النيوترينو موجودة حقا فإنه ينبغي أن تكون هناك طريقة ما لإثبات ذلك. وإذا كان لهذه الجسيمات أي وجود فيزيقي حقيقي فلابد أنها تفعل «شيئا» مهما كان ذلك نادرا. وهكذا قررا أن القوة الغاشمة هي التي تصلح لهذه المهمة: فلنضع أهدافا كثيرة في طريق تيار كثيف من جسيمات النيوترينو.

وتصورا في أول الأمر أن الانفجارات الذرية يمكـن أن توفر إمدادا ذا كثافة منـاسبة من جسيمات النيـوترينـو وربما يكـون ذلك صحيحا، ولكن ستكـون هناك مخاطرة في إجراء ذلك كتجربة. وتبينـا في النهاية أن المفاعل النووي ينتج جسيمات النيـوترينـو بكثـافة كـافية وتحت ظـروف مأمـونة. وهكـذا تعين أن تصطدم جسيمات النيوترينو الآتية من المفـاعل بين وقت وآخر بالنوى الذرية التي في الهدف وتكشف عن نفسها بتغيير موضعها والتغير إلى أشكال من المادة هي أسهل في الكشف عنها، كالإلكترونات مثلا.

وتكـوّن جهاز الكشـف الهائل الذي استخـدمـاه من ١٠٠٠ رطل من الماء

وضعت مباشرة في طريق تيار جسيمات النيوترينو الخارج من مفاعل لجنة الولايات المتحدة للطاقة الذرية عند نهر سافنا. وقد سمياه مشروع «الشبح الضاج» بسبب ما ظهر من قدرة طريدتهما على الإفلات من محاولات الكشف عنها. وقدرا أن تدفق جسيمات النيوترينو من المفاعل يقرب من ثلاثين ضعفا لتدفقه المتوقع من الشمس. ونجحا في الكشف عن اصطدام أو اصطدامين لجسيمات النيوترينو مع نوى الهيدروجين في الماء في كل ساعة. وكانت هذه إشارة ضعيفة جدا، ولكنها كافية، لإظهار أن النيوترينو موجود حقا.

وهكذا ظهر علم فلك النيوترينو في ١٩٦٤، عندما قام فريق ريموند دافيز بمعمل بروكهافن القومي في نيويورك ببناء كشاف ضخم في أعماق الأرض. وكان عليهم أن يفعلوا ذلك ليتواروا عن كل أنواع الحطام الأخرى التي ترتطم باستمرار مع طبقات الجو العليا ـ أي الأشعة الكونية الموجودة في كل مكان، وهي في معظمها نوى ذرية نجمت عن عمليات عنيفة جرت عميقا في الفضاء ثم أسرها المجال المغناطيسي للأرض. والغلاف الجوي يحمينا من هذه الأشعة بمثل الكفاءة التي يحمينا بها من الغزاة الآخرين الأكبر حجما ـ فلا يصل إلى مستوى سطح الكرة مايزيد على رذاذ بسيط من الجسيمات الذرية، وثمة عدد قليل جدا يصل إلى ما يتخلل «أمتارا» معدودة من الأرض. وإذا نزلت في منجم عميق فلن تجد باقيا سوى جسيمات النيوترينو.

وهكذا فإن جسيمات النيوترينو هي ليست شيئا يصعب الإمساك به فحسب، بل إن عليك أن تذهب إلى أقصى مسافة، أو بالحري لأقصى عمق، لتستبعد أي جسيم منافس لها.

وقد هبط فريق دافيز بعمق ميل كامل في منجم هومستيك في مكان له اسم رومانتيكي هو «عقيق الغابة الميتة» بجنوب داكوتا. وكان المنجم صغيرا جدا بالنسبة للأداة الماردة التي في ذهنهم. فكان عليهم أولا أن

يزيلوا ٧ آلاف طن من الصخور، ثم كان لابد من بناء الخزان على السطح والنزول به جزءا بعد جزء إلى المنجم ريما أن تم لهم تجميعه كله عميقا تحت الأرض حتى ملأوه بما يزيد على ١٠٠ طن من مادة بيركلوراثيلين ـــ وهي سائل يستخدم في التنظيف على الناشف.

وقد اختاروا هذا السائل الشائع لأنه يحوي الكثير من ذرات الكلور. وعندما يخترق نيوترينو من الشمس جدار الخزان ويرتطم بذرة كلور فستكون الفرصة مواتية ليغير الكلور إلى أرجون. وظل دافيز يستخرج الأرجون بالدفق من الخزان دوريا ليقيس المقدار الموجود منه. وبمعرفة مقدار الأرجون الذي تم تكوينه يمكننا أن نعرف عدد جسيمات النيوترينو المرتطمة.

وبدأ أفراد الفريق التجربة في عام ١٩٧٠ وظلوا يكررونها لما يقرب من ٦٠ مرة. وكانوا يرون الشمس تسطع بجسيمات النيوترينو، ولكنها كانت أعتم مما توقعوا. فما يصل إلى كشافهم هو في المتوسط ثلث واحد فحسب من عدد جسيمات النيوترينو التي كان ينبغي أن تصل إذا كان فهمنا للشمس صحيحا. وبالإضافة إلى ذلك كانت هناك تراوحات صغيرة في معدل تدفق جسيمات النيوترينو، يزعم بعض الأفراد أنها تتبع نمط دورة بقع الشمس.

وقد ألقى أفراد فريق دافيز كلمة عن تجربة النيوترينو في مؤتمر للمعهد الأمريكي للفيزياء عام ١٩٨٤، وصفوا فيها كيف كان تدفق النيوترينو متباينا من عام لآخر من عام ١٩٧٠ فصاعدا. وفي كل عام كان يتوافر لديهم بيانات غير يقينية بنسبة ما، وذلك نتيجة للتعقيدات الكثيرة للتجربة، ولمحاولة استخلاص استنتاجات من عينة صغيرة لارتطامات النيوترينو. ولو تجاهلنا الطابع اللا يقيني للتجربة فإنه سيبدو لنا أن هناك ارتفاعا وانخفاضا له علاقة ارتباط بدورة بقع الشمس، على أننا لو أخذنا طابع اللايقين بعين الاعتبار، فإن علاقة الارتباط يضعف أثرها كثيرا.

وفي وقت لاحق قام ج. باهكول، وهو أحد العلماء المنظرين المبرزين في برنستون، بدراسة تفصيلية بالاشتراك مع ج. فيلد و و. بريس من هارفارد للتحقق مما إذا كانت توجد علاقة ارتباط بالفعل أو لا توجد. وقد وجد أن المعطيات «تنبىء بشيء ما، ولكنها إحصائيا غير ذات دلالة». وعلاقة الارتباط المطروحة هذه كان منشؤها الأساسي هو التدفق المنخفض من النيوترينو في بداية عام ١٩٨٠، أثناء فترة ذروة لبقع الشمس. وقد تكون علاقة الارتباط غير ذات دلالة إحصائيا، ولكن ها قد ثار الاهتمام بالأمر، وهكذا أصبحنا ننتظر الفترة التالية للحد الأقصى من بقع الشمس لنرى ما إذا كان تدفق النيوترينو سينخفض ثانية.

إن هناك شيئا غير موات يحدث ونحن لا نعرف ما هو. وهناك تجارب جديدة في الطريق تحاول حل اللغز. وحتى يمكننا تقييم الاستشفافات الجديدة التي ستقدمها هذه التجارب فإننا في حاجة إلى استعراض ما الذي يحترق داخل الشمس في ضوء ماتوفره معارفنا الحالية.

## داخل الشمس

تشكلت أبسط الجسيمات المستقرة، وهي الإلكترونات والبروتونات، في حرارة الانفجار الكبير. ويمكن للنشاط الإشعاعي أن يحول البروتونات والجسيمات المناظرة لها والخالية من الشحنة الكهربية ـ أي النيوترونات ـ كل منها إلى الآخر جيئة وذهابا فيساعد بذلك على تشكل نوى العناصر الثقيلة. ويتطلب الأمر حرارة هائلة لضم المكونات المختلفة معا ولطبخها على هذا النحو، وتوفر الجاذبية هنا الوقود اللازم لذلك، وذلك بأن تشد البروتونات الموجودة في كل مكان (نوى الهيدروجين) معا رافعة من درجة حرارتها لتشكل الكتل المختلطة التي نسميها النجوم. وبوساطة النجوم تستطيع الطبيعة أن تصنع العناصر التي تعد ضرورية لتعقيدات الحياة.

لقد وصفت في موضع سابق من هذا الفصل كيف تفعل الشمس ذلك. وسأعاود ذلك مرة أخرى هنا لكن مع التركيز هذه المرة على منتجات «العادم»، أي الطاقة المشعة.

إن الطريق إليّ وإليك يبدأ بلقاء بروتونين في مركز الشمس منذ بلايين السنين. لقد تم الاندماج بينهما، وتحول أحدهما إلى نيوترون مكونين باتحادهما منظومة مستقرة، أي نواة «للهيدروجين الثقيل» إن بإمكان بروتون واحد ونيوترون واحد أن يرتبطا بإحكام ويظل اندماجهما باقيا وكتلتهما المشتركة هي أقل من كتلة مجموع كتلة البروتونين منفصلين، والطاقة الفائضة يتم إشعاعها، ويتم هذا الإشعاع جزئيا بوساطة جسيمات النيوترينو. وتستطيع جسيمات النيوترينو أن تحمل أي قدر من الطاقة حتى ٤٢٠ ألف إلكترون فولت (البطارية ذات الفولت الواحد يمكن أن تعطي إلكترونا واحدا طاقة من ١ إلكترون ــ فولت أو «أ. ف» للاختصار). وتلك هي أهم طريقة لإنتاج النيوترينو في الشمس ـ فما يزيد على ٩٩ في المائة من جسيمات النيوترينو في الشمس يتم إنتاجها على هذا النحو.

وهناك احتمال آخر في الظروف الحارة المكثفة لمركز يتمثل في أن تلتقي ثلاثة جسيمات، فيندمج بروتونان مع إلكترون لتكون نواة الهيدروجين الثقيل نفسها كما من قبل، ولكن الطاقة تنطلق هذه المرة بكميات أكبر ـ ٤,١ مليون أ. ف ـ ويتم حملها أيضا بعيدا بأحد جسيمات النيوترينو. ونوى الهيدروجين الثقيل هذه سرعان ما ترتطم بها بروتونات أخرى، فتتكون نوى من العنصر التالي في بساطته وهو الهليوم. ومرة أخرى تنطلق طاقة كلما تجمعت البروتونات في تشكيلات هي دائما أكثر استقرارا، ولكن الطاقة التي تنطلق في عملية بناء الهليوم تكون على هيئة أشعة جاما، وهي شكل من الضوء عالي الطاقة. وتنتج الاصطدامات بين نوى الهليوم مقادير صغيرة من العناصر التي تلي الهليوم في

الخفة وهي الليثيوم، والبريليوم، والبورون. وفي هذا الطور الأخير يتم إنتاج جسيمات نيوترينو معدودة بطاقات يصل ارتفاعها إلى ١٤ مليون أ. ف (١٤ م. أ. ف للاختصار)، على أن هذا يكون أندر بـ ١٠ آلاف مرة من جسيمات النيوترينو ذات الطاقة الأكثر انخفاضا والتي تنتج عن التفاعلات الابتدائية السابق ذكرها.

وينتج الحشد الأساسي للتفاعلات في الشمس جسيمات نيوترينو تكون طاقة كل واحد منها فرديا طاقة منخفضة، ولكنها موجودة بكميات هي من الوفرة بحيث إنها تشكل إجمالا الحاملات الرئيسية للطاقة. أما عن التجربة التي أجريت على الأرض باستخدام سائل التنظيف ككشاف فإنها لا ترى «أحدا» من جسيمات النيوترينو ذات الطاقة المنخفضة هذه، فهذه التجربة تستطيع أن تمسك فحسب جسيمات النيوترينو التي تكون طاقتها «أكبر» من مليون أ. ف، والأغلبية العظمى من جسيمات النيوترينو الشمسية طاقاتها أقل كثيرا من هذا الحد المطلوب ــ ولنتذكر هنا أن ما يزيد على ٩٩ في المائة من جسيمات النيوترينو لها طاقات أقل من ٤٢٠ ألف أ. ف.

فجسيمات النيوترينو التي نكشف عنها حاليا يتم إنتاجها في عملية هي نسبيا غير مهمة، حيث يتم تحويل عنصري البورون والبريليوم في الشمس. أما جسيمات النيوترينو المهمة الناتجة عن الاندماج النووي الحراري فهي بعيدة عن متناول كشافاتنا الحالية. ويمكن تشبيه الأمر كما لو أن أذن الكشاف حساسة لنغمات موسيقى المفتاح الثلاثي Treble Clef على حين تصدر الشمس النغمات أساسا عند الجهير المضاعف double basse ولكي يتم «سماع» هذه النغمات، والتي هي الجزء الأكبر من الأوركسترا، فلابد من بناء أنواع جديدة من الكشافات.

وفي استطاعتنا أن نكشف عن جسيمات النيوترينو ذات الطاقة المنخفضة

لـو استخـدمنـا هـدفـا يتكـون من عنصر الجاليـوم بـدلا من الكلـور (سـائل التنظيف). فالجاليوم يستجيب لارتطـامات جسيمات النيوترينـو طاقتها تصل إلى ربع الحد الأدنى من الطـاقـة اللازمـة للتأثير في سـائل التنظيف. وهو مـا يجعلنا قادرين على «سماع» النغمة الـرئيسية في لحن الشمس. على أن المشكلة هي أننا لكي نفعل ذلك فسنحتـاج إلى أطنان كثيرة من الجاليوم تفـوق الإنتاج العالمي من الجاليـوم سنويا. وعلى أي حـال، فإن القيام حتى بجهـد متواضع هنا سيكـون أفضل من لا شيء. وهناك مجموعتـان تقوم كل منهما بتجـربة من هـذا النوع، أحـدهما في روسيا والأخـرى يقوم بها فـريق مشترك من العلماء من عدة دول وستجـرى التجربـة متواريـة تحت الأرض في نفق جران ســاسو تحت جبال الألب.

وتقوم مجموعــة من أوكسفورد ومجموعة أوروبيــة مشتركة، كل منهما على حدة، بمحاولة لإنشاء كشافـات تحوي الإنديوم وهو عنصر نادر حساس لجسيمات النيوترينـو ذات الطاقة المنخفضة حتى ١٥٠ ألـف أ. ف ـ وهو تحسين يصل لنسبـة خمسين في المائة عن كشـاف الجاليـوم . وإذا مـا نجح تشغيله فسيلتقط جسيمات النيوتـرينو الناتجة عن أهم التفاعـلات النووية الحرارية في الشمس.

وهكـذا فمن الممكن أن تكـون التجـارب التي أجـريت حتى الآن، والتي أمسكت جسيمات نيوترينو أقل كثيرا مما كان متوقعا، قد التقطت فحسب مجرد همسة من قدرات الشمس الصوتية العالية، وهي همســة أهدأ نوعا مما توقعناه، بينما العزف الجهير العميق يصرخ عاليا وإن كنا لم نسمعه بعد.

وربما سنعرف في ظـرف سنين معدودة عنـدما تبـدأ التجارب الجديـدة إذا كانت تلك هي الإجـابة عن اللغز. ويشك كثير من علماء الفيزيـاء الفلكية في أن يكون الحل بهذه السهولة، فهم يعتقدون أننـا سنجد أن جسيمات النيوترينو

هذه هي أيضـا أقل مما ينبغي. وإذا كـانوا مصيبين، فستصبح أمامنـا مشكلة حقيقية. وهكذا فإن علينا أن نبحـث في اشتباهين اثنين. فهل يكون الأمر أن مركز الشمس بارد أم أن شيئا يحدث لجسيمات النيوترينو وهي في الطريق؟

## الاشتباه الأول: شمس أبرد

كان رد فعـل الباحثين النظـريين الذين يـؤمنون إيمانا قـويا بـأنهم يفهمون طـريقة عمل الشمـس هو أنهم أعلنـوا أن التجـربة لابـد أن تكـون خاطئـة. فـالتجارب التي من نـوع هـذه التجـربة هي تجارب معقـدة ومـركبة. وسـائل التنظيف على النـاشف تبدو كمشروع لحوض مطبخ، ولكن لا تـدع الظواهـر تخدعك، فهـذه السلعة التي يسهل الحصـول عليها تحيطهـا في هذه التجـربة تكنولوجيا تفصيلية عاليـة المستوى. وقد يحدث الخطأ في مكان ما من سلسلة الإلكترونيـات وتنظيمات الكمبيـوتـر بما يخدعنـا ويجعلنـا نعتقـد أن جسيمات النيوترينو تصل بأعداد أقل مما يصل فعلا.

ويرد البـاحثون التجـريبيون بأنهم قـد راجعوا فحص أجهـزتهم تفصيليا، وأنهم أجروا سلسلـة اختبارات كيميائيـة واسعة المدى تثبت كفـاءة الأجهزة في استخـلاص القــدر الحرج من الأرجـون من الكلـور الــذي يعمل كهـدف. والنتائج الشـاذة التي يتم الحصول عليها عنـدما تأتي جسيمات النيوتـرينو من الشمس يبــدو أنها تـدل على أن شيئــا مــا يحدث في الشمس، أو لجسيمات النيوترينو وهي في طريقها للأرض، وليس على أن هناك خطأ في الجهاز.

وإذن فلعل نموذجنا المعتمد عن الشمس على خطأ.

إن جسيمات النيـوتـرينو التـي تم التقاطهـا في منجم داكـوتـا هي النـاتج النهائي لسلسلـة من تفاعلات الانـدماج التي دفعت بـالحرارة. وهذه الحرارة هي التي تلقي بـالبروتونـات معا، وإذا أصبحت الشمس أسخن أو أبـرد فإن

الاندماج يحدث بسرعة أكبر أو أقل. فسرعة إنتاج النيوترينو تعتمد بحساسية كبيرة جدا على درجة الحرارة، فتتغير السرعـة في تناسب مع الحرارة مضروبة في نفسها ١٠ مرات. وهذا يجعلني في حالة عصبية. إذا كانت الحرارة أقل بعشرة في المائة فحسب مما تتـوقعه نظريتنا (وهـو أمر لا يبدو بعيـدا عن المعقول) فإن تـدفق النيوتـرينو سينقص بعـامل أو اثنين. وحتى في هذه الحالـة فإن بعض البـاحثين النظـريين يقولـون إنهم واثقـون من تنبـؤاتهم عن درجـة الحرارة بهذا المستوى من الدقة، وأن هذا المخرج «السهل» ليس المخرج الصحيح.

على أن هذه الحسابات تزعم ضمنـا أن قلب الشمس يتكون من بروتونات ونيوترونات ـ أي مكونات أشكال المادة المألـوفة لدينا ـ وأنه لا توجد حتى الآن جسيمات غير معروفة هناك. وهو مـا يأتي بنا إلى النظريات الحديثة عن المادة، والتي يعتقد بعض الباحثين النظريين أنها يمكن أن تغير الصورة التي لدينا عن الفرن الشمسي تغييرا جذريا.

وتقترح هذه النظريات الجديدة أنه قد تكون هناك جسيمات مستقرة ثقيلة جدا تم إنتاجها عند الانفجار الكبير وأنها الآن نادرة جدا. وهذه الجسيمات تتفاعل مع المادة تفاعلا ضعيفا جـدا، وهي تسمى الجسيمات الثقيلة ذات التفاعل الضعيف أو ويمبات WIMPS (الحروف الأولى من Weakly Interacting Massive Particles). وتجرى التجارب في شتى أنحاء العالم بحثا عن أشياء كهذه، ولكن حتى الآن مـا من دليل مبـاشر عليها. وهنـاك رأي يقـول إنه لما كـانت هـذه الجسيمات ثقيلة، فإن أيا منهـا عندما يوجد على الأرض سيغوص إلى مركـزها بتأثير الجاذبية. وبـالتالي، فأي ممـا يـوجد في المنظـومـة الشمسية منهـا سـوف ينزع إلى أن يـرسب بالجاذبية في داخل الشمس ليتجمع في قلبها.

إن النظـرية السـائدة عن الشمس تشير إلى أن حرارتها تتـزايد بسرعـة كلما اقتربت من المركز. ويمكن لجسيمات الويمبات أن تهدىء من هذا الارتفاع في

الحرارة، وأن تبرد من حـرارة الشمس على نحو فعـال. وحتى يمكن لجسيمات الـويمبـات أن تقوم بـذلك فإنها يجب أن تكـون أثقل من بـروتـونات الـوقـود الموجـودة في كل مكان بما يتراوح بين خمسـة أمثـال وعشرين مثلا. فإذا كـانت أخف من ذلك فإنها ستتبخـر للخـارج مـن المركـز، أمـا إذا كـانت أثقل فإنها ستغوص فيه للأبد. أما في المدى المتوسط للكتلة فإنها تغوص للداخل ثم تدور لترحل وهي تحمل الحرارة بعيـدا عن المركز، ثم تعود ثـانية للـداخل في مدار لا ينقطع. وإذ تنخفض الحرارة المركـزيـة هكـذا فإن دورة الـوقـود تصبح أبطأ وينخفض تدفق جسيمات النيـوترينـو بما يتفق مع ما نـلاحظه. أو سينخفض على الأقل عـدد جسيمات النيوترينـو التي يكشفها سـائل التنظيف. ورغم أن الويمبات بطيئة فإنه يمكن أحيانا أن يصطـدم أحدها بالآخر ويدمر كل منها الآخر. وأحد النواتج الثـانوية لهذه «الكارثة» هو تولد جسيمات نيـوترينو تزيد طاقـة كل منها فـرديا آلاف المرات على طـاقة جسيمات النيـوترينـو الناجمة عن اندماج البروتـونات ـ أي مصدر الإمـداد الرئيسي للوقود. وإذا كـانت طاقات جسيمات النيوترينو في الاندماج الشمسي تشبّه بصوت الجهير المضاعف، فإن الويمبـات تعطي جسيمات النيوترينـو طبقة عاليـة مثل صفارة الكلب. وإذا مضينـا أبعد في تشبيهنـا فبإمكـاننـا القـول إن التجارب الحاليـة على جسيمات النيوتـرينو الشمسية حساسـة فقط لمدى محدود عند مستوى المفتـاح الثلاثي. ويجري الآن البحث عن نغمة من طبقة عـالية (أو طاقة عاليـة) ولكن الوصول إلى نتائج سيستغرق بعض الوقت.

## الاشتباه الثاني: جسيمات النيوترينو تخدعنا

في هـذه المحاولـة البارعـة لحل المشكلة يلقى بمسـؤولية مشكلـة جسيمات النيـوترينـو الشمسية على جسيمات النيـوترينـو نفسها. فإذا كـانت جسيمات النيوترينو ثقيلة فإنها تستطيع أن تغير من طـابعها وهي في طريقها من الشمس

وذلك على نحو يجعلنا نكتشف فحسب ثلث الجسيمات التي بـدأت الرحلة. وهكذا يصبح الكل سعداء! فتدفق جسيمات النيـوترينو الخارجة من الشمس يصبح بـالضبط كما تنبأ بـه العلماء المنظـرون، وتصبح الشمس تسطع حسب النظـام، ويصبح الكـون في اتجاهــه للتقلص في النهـايـة تحت ثقل جسيمات النيوترينو هذه. ولكن فلنأخذ المسائل بترتيب أولوياتها!

هناك ثلاثة أنواع معروفة من النيوترينو. والعمليات التي تجري في الشمس تنتج أحد هـذه الأنواع يسمى «النيوتـرينو ـ الإلكترون». وإذا كان هـذا النوع من النيوترينو بلا كتلة فإنـه سوف يسري عبر الفضاء إلى الكشاف الذي ينتظره وهو في حالته الأولية. والتدفق الذي تـم رصده في داكوتا هو مقياس مباشر لما أنتجته الشمس. على أنه إذا كـان للنيوترينو كتلة، فإن بإمكـانه أن يتغير وهو في طريقـه إلى واحد من النوعين الآخرين. ولما كـان الكشاف يسجل فحسب وصول نوع النيوترينو ــ الإلكترون، فسوف يسجل جسيمات نيوترينو أقل من تلك التي بدأت الرحلة.

لكن هل لجسيمات النيوترينـو كتلة أم لا؟ ما من قاعدة معـروفة تقول إنها يجب أن تكون بلا كتلة. ورغم أن هناك تجربة أجـريت في موسكو تزعم أنه قد تم قياس كتلـة صغيرة للنيوتـرينو فمازال الـرأي العلمي السائد، نتيجـة لعدم تكرار تجربة القياس من جهة مستقلة، هو أن المسألة مازالت مفتوحة.

ويتفق الجميع على أنه لو كان لجسيمات النيـوترينو كتلة، فستكون صغيرة جــدا. وتشير أفضل التجـارب التي أجــريت في معـــامل في الأرض إلى أن «النيوترينو ـ الإلكترون» يمكن أن تتجـاوز كتلته «واحدا على ثلاثين» من جزء من المليون من كتلة البروتون. ومازال الناس يـرقبون تدفق جسيمات النيوترينو الآتية من المفاعلات والمعجلات الموجهة هنا في الأرض ليروا ما إذا كان التدفق يذوي بالبعد عندما تغير جسيمات النيـوترينو ـ الإلكترون من شكلها. وتزعم

بعض الجماعات وجود ظاهرة كهذه، على حين تفند جماعات أخرى ذلك. وتلك قضية تعد منطقة نشطة للبحث في الوقت الحاضر. والواقع أن طبيعة جسيمات النيوترينو في مجملها تعد من أعظم أسرار المادة التي يحاول فيزيائيو الجسيمات الكشف عنها. وقد زادت مشكلة الشمس من تفاقم المشكلة.

إن من المحتمل أن تكون جسيمات النيوترينو قد غيرت من هويتها وهي تنطلق عبر الفضاء، لكن العديد من الباحثين النظريين أعادوا النظر أخيرا عن كثب في بداية رحلة جسيمات النيوترينو. وحيث إن جسيمات النيوترينو يتم إنتاجها في قلب الشمس، فإنه يكون عليها أولا أن تندفع خلال نصف مليون ميل من مادة الشمس. أفليس من المحتمل أن تخضع هذه الجسيمات لتأثير تولده البيئة الشمسية قبل أن تخرج إلى ضوء النهار؟

في عام ١٩٨٦، وسع هانز بايث ــ الذي اشتهر بكشفه عن الدورة التي تنتج العناصر الثقيلة في النجوم نطاق فكرة قال بها عالمان فيزيائيان روسيان هما ميكائيف وسميرنوف ومفادها أن انتشار جسيمات النيوترينو خلال المادة، كما في الشمس، يمكن أن يكون له تأثيرات ملحوظة ويمكن أن يفسر مشكلة النيوترينو الشمسية.

وكما أن الضوء يمكن أن ينحرف وهو ينتقل خلال مواد ذات معامل انكسار مختلف، كذلك يمكن لشعاع من جسيمات النيوترينو الثقيلة أن يأتي بحيل عجيبة عندما يمر خلال مادة ذات كثافة متغيرة. والشمس مثال نموذجي لبيئة من هذا النوع. إن الشمس تضع كل طاقتها في نوع واحد من النيوترينو (النيوترينو ـ الإلكترون) ولكن يمكن لظاهرة رنين Resonance، أن تحدث أثناء مرور هذا النوع من النيوترينو خلال غازات الشمس، أن تسبب فجأة نزح الطاقة إلى نوع آخر. ووصف كيفية حدوث ذلك ليس فيه ما يساعد إلا قليلا، على أن هناك شيئا مناظرا لذلك بسيطا يمكنك أن تجربه بنفسك فيما يشبه لعبة من ألعاب التسلية في حفل للهو:

خذ قطعة دوبار طويلة وثقلين واصنع منها أرجوحتين معلقتين بعمود. زد طول إحدى نهايتي الدوبـارة واربط النهاية الأخرى إلى مقبض بحيثِ يمكنك أن تغير من طول إحـدى الأرجوحتين. ابـدأ بالأرجـوحتين وكل منهما لها طول مختلف واجعل الأرجوحة الحرة تهتز.

ستكون كل الطاقة في أرجوحة واحدة، وهـذا يماثل النيوترينو الذي تنتجه الشمس فكل الطاقة هي في هذا النيوترينو.

والآن غيّر من طول الأرجوحة على نحو «تدريجي جدا» بحيث يصبح طول الأرجوحتين أكثـر وأكثر تماثلا: ستجد أنـه عندما يتطابق الطـولان، سيحدث فجأة أن تتـوقف إحدى الأرجـوحتين بينما تأخذ الأخـرى في التحرك. ودون أن تلمسهما، تكـون كل الطـاقـة قد انتقلت مـن الأرجوحـة الأولى إلى الأخـرى. والطول المتغير للأرجـوحتين هو المماثل للكثافة المتغيرة في الشمـس. فعند حد حـرج (هو في حـالـة الأرجوحتين عنـد تسـاوي الطول) يتخلى أحـد جسيمات النيوترينو عن طاقته ليتسلمها الآخر.

وإذا كـان هـذا هـو تفسير مشكلـة النيــوتـرينـو الشمسي فإن السبب في صلاحيتـه هو أن الشمس لها بـروفيل معين للكثافـة ولأن جسيمات النيوتـرينو تنبعث بمدى معين حرج من الطاقة. وبالتالي فإن التجارب التي بدأت الآن، والتي ستكـون حساسـة لجسيمات النيوتـرينو ذات الطـاقة المنخفضـة، سوف ترينـا تأثيرات مختلفة تماما عن تلك التي لمسنـاها في التجارب السابق إجـراؤها حتى الآن. إن علم فلك النيـوترينو قـد بدأ مسيرته الجديـة، وهو يعـد بنتائج باهرة. وإني لأظن أنه سيثبت أن فهمنا للنجوم مازال بدائيا.

## هل هناك صلة بالبقع الشمسية؟

وأخيرا هناك ذلك الاقتراح المحير القـائل إن معدل اكتشـاف النيوتـرينو في تجربة راي دافيز يتغير مع دورة بقع الشمس.

إن الشمس لا تستجيب للتغيرات إلا ببطء، وهكذا فإن إنتاج النيوترينو عند قلبها ينبغي أن يظل ثابتا لفترات يبلغ مداها من ١٠ آلاف إلى مليون سنة. وبالتالي سيكون من المدهش أن نجد أن التغيرات التي تحدث في تدفق النيوترينو على مدى فترة دورة بقع الشمس ـ وهي حفنة معدودة من السنوات ـ يتم إرجاعها إلى تغيرات في قلب الشمس. على أنه وكما أوضح ليف أوكن ومجموعة من الباحثين النظريين الروس، فإنه إذا كانت جسيمات النيوترينو تتفاعل مع المجالات المغناطيسية فسيتعين أن تكون هناك صلة ارتباط بالدورة الشمسية.

إن جسيمات النيوترينو تدور حول نفسها وهي منطلقة. والكشاف الأرضي يمكنه أن يكشف فحسب عن جسيمات النيوترينو التي تلف حول نفسها في اتجاه معين ــ وهذا جميل لو أنها كانت غير مغناطيسية، أما إذا كانت مغناطيسية فهذه مصيبة. فعندما تكون هذه الجسيمات مغناطيسية، فإن المجال المغناطيسي في الفضاء سيثير الاضطراب فيها وهي منطلقة ويغير من توجهها، وتكون النتيجة أننا على الأرض لا نكشف عنها كلها. وسيظهر التدفق وقد ضعف. وعلاوة على ذلك فإن تدفق النيوترينو سيتأثر أيضا بدورة الشمس المغناطيسية. والبقع الشمسية هي العلامة الخارجية للنشاط المغناطيسي في الشمس، والذي يتغير في دورة من ١١ سنة. وإذا كان النيوترينو مغناطيسيا، فإن تدفق جسيمات النيوترينو التي تصل إلى الأرض ينبغي أن يتغير حسب أطوار دورة البقع الشمسية.

والشمس تدور حول نفسها، وبالتالي فإن لها نصف كرة شماليا ونصف كرة جنوبيا مثلنا على الأرض، وسيكون اتجاه مجالها المغناطيسي متعاكسا في النصفين ـ مثل القطب الشمالي والقطب الجنوبي لأي مغناطيس. وخط استواء الشمس مائل بالنسبة لمدارنا، وعلى ذلك فنحن نرى أكثر، في أحد نصفي العام، قطب

الشمس الجنوبي وبعدها بستة شهور نراها أكثر من قطبها الشمالي. وإذا كانت جسيمات النيوترينو تتأثر بالمجالات المغناطيسية، فإن تلك التي تنساب خارجة من نصف الكرة الشمالي ستتأثر على نحو مختلف عن تلك التي تنبعث من نصف الكرة الجنوبي. وهناك رشق في مجال الشمس المغناطيسي بطول خطها الاستوائي (وهذا هو السبب في أن البقع لا ترى في هذه المنطقة)، وهكذا فإن جسيمات النيوترينو التي تخرج في المناطق الاستوائية لن تتأثر مطلقا بالقوى المغناطيسية.

ويقطع مدار الأرض خط استواء الشمس في يونيو وديسمبر، وهكذا فإن جسيمات النيوترينو التي ترتطم بنا في منتصف الصيف والشتاء لا تتأثر بالمغناطيسية. على أنه سيتعين، في ربيع وخريف الأعوام التي تكون الشمس نشطة فيها، أن يتأثر تدفق جسيمات النيوترينو إذا كانت هذه الآراء صحيحة. وهكذا فربما يكون هناك تغير في تدفق النيوترينو كل ستة شهور بمثل ماتحدث أيضا دورة أكبر من ١١ ـ ٢٢ سنة.

وربما تكون هناك إشارات عن ذلك في المعطيات التي لدينا لكنها تعد بلا دلالة إحصائيا (إذا وقعت عملة أربع مرات متتالية والصورة إلى أعلى فإن هذا مجرد حظ، أما إذا سقطت هكذا ٤٠ مرة فلابد أن أحدهم قد وضع ثقلا للعملة. وحتى الآن فإن المعطيات الشمسية تماثل الحالة الأولى). ويتعلق وجود التأثير أو عدم وجوده كلية بعام ١٩٨٠ عندما وصل النشاط الشمسي إلى ذروته وانخفض التدفق الشمسي. وإذا تجاهلنا هذه السنة الواحدة فلن نجد تأثيرا ملحوظا على مدى سنوات عديدة. لكن أثير التساؤل التالي: هل سيحدث ذلك التأثير ثانية عندما يصل نشاط الشمس إلى ذروته في أوائل التسعينيات (كما نتوقع)؟ إذا حدث ذلك فإنه سيعلمنا شيئا عن جسيمات النيوترينو ـ أنها تحس بالقوة المغناطيسية ـ وسيكون حدوث التغير حقيقة. على أن ذلك يمثل تعاقبا من الارتفاع والهبوط يتم عبر مدى من تناقص كلي. أما سبب وجود تناقص في المتوسط فلعله مازال سؤالا مفتوحا.

وتعدنا الدراسات التي ستجـرى بشأن جسيمات النيوترينو الشمسية في السنوات المعدودة القادمة بأن تعلمنا الكثير عن جسيمات النيوترينو، وعن الشمس، بل وربما حتـى عن مصير الكـون. وإذا كـان أي مـن هـذه التفسيرات هو السبب فيما يحدث مـن نتائج شاذة، فسيكـون من المحتمل بـالتالي أن جسيمات النيـوترينـو لها كتلة. . وإذا كـان بايث، وميكـائيف وسميرنوف على صواب، إذن فإن جسيمات النيوترينو تتأثر داخل الشمس وليس خـارجهـا، وبالتـالي سيكـون من غير المرجح أن نتمكن من قيـاس كتلتهـا على الأرض. ولكننا سنتمكن من اختبـار هـذا الرأي عنـدما يبـدأ تشغيل الكشافـات الجديدة لجسيمات النيوتـرينو ذات الطاقـة المنخفضة، أي تلك التي يتم إنتـاجها في قلب الشمس. وحسبما يـرى بايث فإن هـذا النوع من جسيمات النيـوترينـو سيتأثر بطريقـة مختلفة تمامـا عن ذلك النوع الذي رأينـاه حتى الآن. ولعلنا سنعرف خـلال سنوات معـدودة إن كانت هذه هي الإجابة. فإذا كان الأمر كذلك، فإن كتلة النيوترينو تكون صغيرة جدا وليس لها إلا تأثير هامشي في جاذبية الكون.

أما إذا كان سلوك النيـوترينو وهو منطلق هو السبب، فإن كتلـة النيوترينو قـد تكون كبيرة بما يكفي لأن تتحكم في مستقبل تطـور الكون بصـورة خطيرة. فهذه الجسيمات يبلغ من كثـرتها أنها يمكن أن توفر كتلة أكبر من كتلـة النجوم التي رأيناها من خلال أقوى التليسكوبات ويمكن لجاذبية جسيمات النيوترينو هذه أن تسبب تقلص الكون في انكماش كبير.

فإذا ما كـان ذلك هو المستقبل، فإن هذا التقلص لايزال بعيـدا ببلايين كثيرة من السنين. على أنه سيكون إنجازا لا يصـدق للذكاء الإنساني إذا ما أدت بنا الـدراسة الدقيقـة لشمسنا ولمشكلـة النيوترينـو الشمسي إلى التنبؤ بالمصير النهائي للكون كله.

الجزء الثالث

# مجرة من النجوم

# الفصل الثامن
# رحلة حول درب التبانة

## مقياس الأشياء

بينما كـان رجلا شرطـة يقطعان صحـراء كـاليفورنيـا بسيارتهما، في إحـدى الليـالي منذ ثـلاثين عـاما، رأيـا طـائرا، أو على الأقل كان ذلك مـا أورداه في بلاغهما.

فأمامهما مباشرة كان يحوم فوق الطريـق ضوء ساطع. وقد وصفاه في البلاغ الذي قـدماه عن الحادث بأنه كـان «مُعْميا». وقـد ظنا في أول الأمر أنـه ضوء هبوط طـائرة في قاعـدة جوية قـريبة، ولكنـه ظل يحوم، وقد تـوقف تماما عن الحركة، ثم فجأة اندفع مبتعدا «بسرعة لا تصدق». ولما كانت الأطباق الطائرة هي البدعة السائدة وقتها، فقد قررا أن هذا الضوء آت لابد من عالم آخر.

وقد كانا مصيبين تماما! فالضوء كان آتيـا بالفعل من عالم آخر ـ هو كوكب الزهرة. ففي بعض الليالي عندما يكـون الجو صافيا وكوكب الزهرة منخفضا في السماء فإنه يمكن أن يبـدو كضوء ناصـع لكشافات سيـارة. ولا نكاد نخطىء تفسير هذا الضوء على أنه ضوء قريب، حتى يعطينـا إعتامه عن طريق سحابة رقيقة عـابرة سيعطينا الانطبـاع بأنه قد رحل فجأة. وكثير من البـلاغات التي سجلت عن الأطباق الطائرة ظهر في النهاية أنها كانت رؤية للزهرة.

وليس كوكـب الزهرة وحـده الذي يمكنه أن يسطع بألمع من أي نجم، فقد يفعل ذلك أيضا المريخ والمشتري.

إلا أن أيا من الكواكب الثلاثة أو أيا من الكواكب الأخرى لا يسطع بضوئه الخاص به . فالكواكب إنما هي مرايا وذلك بخلاف النجوم التي تبث ضوءها الخاص بها مثلها مثل الشمس . ونحن في حالة الكواكب إنما نرى ضوء الشمس منعكسا من جو الكواكب أو سطحها .

وتعكس هذه الكواكب جزءا ضئيلا فحسب من ضوء شمسنا . إلا أنها تسطع بما يفوق النجوم تماما . تأمل هذه الحقيقة للحظات معدودة وستبدأ في الإحساس إلى أي مدى هي بعيدة تلك النجوم المتلألئة . والمسافات التي تفصلنا عنها هائلة بحيث إن التعبير عنها بالأميال لن يفيد كثيرا . هل تستطيع الإحساس بالفارق بين بليون بليون بليون بليون ميل ومليون بليون بليون بليون؟ إن المقدارين كليهما هائل ، بما يتجاوز الإدراك . وهكذا فإن علماء الفلك يستخدمون مقياسا آخر هو الزمن الذي يستغرقه الضوء للوصول من «هناك» إلى «هنا» . وحتى هذه الوحدات قد يكون فيها مايثير التشوش إلا إذا ربطنا بينها وبين فترات زمنية مألوفة أكثر بالنسبة لنا .

والضوء هو أسرع مايتحرك في الكون فهو ينتقل ٣٠٠ متر في زمن لا يتعدى جزءا من المليون من الثانية ، على حين تستغرق ردود الفعل البشرية بضعة أجزاء من ألف من الثانية . وفي الطريق الرئيسي ستتحرك سيارتك بضعة أمتار قبل أن يحدث رد فعلك الطارىء وخلال هذا الوقت يكون الضوء قد انتقل مسافة ألف ميل .

وفي شمال إنجلترا يتلقى الناس إشارة الوقت من راديو لندن متأخرة بجزء من الألف من الثانية . ويستغرق الكلام المنقول عبر مكالمة هاتفية بعيدة بين جلاسجو ولندن زمنا مماثلا . ونحن لا نلحظ مثل هذه التأخيرات الوجيزة ، فهي تبدو لنا «فورية» . وعندما تتصل هاتفيا عبر الأطلنطي فإن الإشارة ربما توجه لأعلى إلى قمر صناعي فوق الأرض بمسافة كبيرة ، ثم تهبط لأسفل ثانية

إلى الطرف الآخر في الحديث . وإذا حدث تأخير يصل إلى نصف ثانية فإنه قد يكون مربكا بعض الشيء . فهاهنا نبدأ في التأثر بالسرعة المحدودة للضوء والإشارات اللاسلكية .

إننا نرى القمر بما كان عليه من ٥ , ١ ثانية ـ أي زمن نبضتين للقلب . والشمس أبعد من ذلك . ويمكنك أن تقود دراجتك لمسافة مقدارها ميل واحد فتستغرق وقتا أقل مما يستغرقه ضوء الشمس للوصول إلينا . فبُعد الشمس عنا هو «٨ دقائق ضوئية» .

أما الآن ونحن قد أخذنا نرسل المجسات الفضائية إلى الأطراف الخارجية للمنظومة الشمسية ، فقد بدأنا نحس بفترة «تأخر الضوء» مباشرة ، ويستطيع الرياضيون البارعون إكمال سباق ماراثون في الوقت الذي يستغرقه الضوء للانتقال إلى أورانوس . وقد خلق ذلك مشاكل حقيقية للعلماء عندما وصلت هناك سفينة الفضاء فوياجير في عام ١٩٨٦ . فقد مرت فوياجير خلال حلقات وأقمار أورانوس ، وكانت مبرمجة من قبل لتلتقط الصور ثم تبثها ثانية للأرض . وظلت الإشارات تندفع عبر الفضاء متجهة إلى العلماء المترقبين لها لمدة ثلاث ساعات .

وأخيرا ظهرت أول صورة مثيرة أمام العلماء . وما كان يفيد في شيء لو سأل واحد منهم السؤال التالي : «هل يمكنك أن تخبر المجس أن يوجه آلة تصوير للوراء بحيث يمكن الحصول على نظرة أقرب لذلك القمر الجديد؟» ، ففي اللحظة التي كان يظهر فيها أي شيء جديد ، يكون الوقت قد تأخر بالفعل . ذلك أن وصول رسالة إلى فوياجير سيستغرق ٣ ساعات ، وستكون هي في هذا الوقت قد خلفت أورانوس بعيدا وراءها .

ويستغرق الضوء نصف يوم ليفارق المنظومة الشمسية . وأقرب النجوم لها

القنطورس الأدنى وقنطورس ألفا ـ تبعد تقريبا بأربع سنوات. وهي مرئية في السماوات الجنوبية. أما الناظرون في الشمال فيمكنهم أن يروا نجم كلب الشعري الأكبر اللامع وهو يسطع كما كان منذ ثماني سنوات.

فنحن عندما ننظر إلى النجوم فإنما ننظر إلى الخلف في الزمان. فنرى منكب الجوزاء، أي النجم الأحمر في برج* الجوزاء، كما كان في زمن الفتح النورماندي**، ونرى السديم اللامع من النجوم الجديدة التي في سيف الجوزاء كما كان في أوائل العصر المسيحي، ونرى سديم السرطان كما كان في زمن الفراعنة المصريين. وتتكون مجرتنا من بليون واحد من الشموس، يقع معظمها داخل قرص رقيق له انتفاخ عند المركز. وعندما ترى درب التبانة وقد تقوس في السماء فستكون ناظرا من خلال مستوى القرص. ولو كنت تعيش في نصف الكرة الجنوبي فسيمكنك أن تتبع درب التبانة حتى برج «القوس والرامي» حيث ستكون ناظرا مباشرة إلى الانتفاخ المركزي ــ أي قلب المجرة. وثمة نجوم كثيرة جدا هناك، وهي أيضا جد بعيدة بحيث لا يمكن تمييز النجوم المفردة؛ ويبدو مركز المجرة وكأنه بركة من الضوء. وهذا الضوء يظل يسافر ٣٣ ألف سنة حتى يصل إلينا.

وكل النجوم التي في الأبراج تقع داخل مجرتنا ولكنها تبدو متباعدة قليلا لأننا ننظر لها من خارج المستوى الذي تقع فيه معظم النجوم. وسيمكنك في الليالي الصافية أن تميز أيضا بعض أجرام سديمية تبدو كسحب ضبابية رقيقة تعكس ضوء القمر. وبعض هذه السدم ليست في مجرتنا. وتوجد في السماوات الجنوبية السحب الماجلانية والتي تُرى بالعين المجردة، وقد سميت على اسم ماجلان مستكشف أعالي البحار. وهذه السحب هي في واقع الأمر مجرتان،

* البرج مجموعة من نجوم ثابتة.
** أي عام ١٠٦٦ م.

أصغر من مجرتنا، وتمثلان توابع لدرب التبـانة. ولما كانتا أسيرتين لجاذبية مجرتنا الهائلة، فإنهما تدوران من حولنا باستمرار. وهما تقريبا على بعد ٢٠٠ ألف سنة ضوئيـة؛ ونحن نـراهما كما كانتا عنـدما كـان إنسان العصر الحجـرى الحديث يشغل الأرض.

أمـا في السماوات الشمالية فيمكنك أن تنظـر إلى برج «المرأة المسلسلـة» وأن ترى خيطا رفيعـا شاحبا بالقرب من ثاني أسطع عضـو فيها. والمشهد رائع من خلال التليسكوب. فهـذه المجرة هائلة تشبه مجرتنـا كثيرا، حيث تبدو النجوم في لوالب (انظر شكل ٤ ـ ٢). وهي تبعد مليـوني سنة ضوئية، وضوؤها يظل يسافر زمنا يماثل زمن وجـود الجنس البشري. ولو كنا نستطيع أن ننظر إلى مجرة درب التبانة من الخارج فإنها ستبدو مشـابهة لما يبدو عليه سديم المرأة المسلسلة من هنـا. ولو نظـرنـا إلى درب التبانـة من كـوكب يدور حـول نجم في سحب ماجلان فإن كل مجرتنا (أي درب التبانة) ستبدو مشهدا ناصعا في السماء.

وهنا نبدأ في إدراك الطبيعة المحتشدة للكون. إن الشمس هي أقرب النجوم إلينا والمنظومة الشمسية كلها التي تحيط بها، تشغل مسافات يمكن للضوء أن ينتقل فيها في صباح واحد. والنجم التالي أبعـد أكثر من ذلك بما مقداره ثلاثة آلاف مرة، وهي مسـافة يقطعها الضوء في أربع سنـوات. والنجوم عبر المجرة كلهـا تبعد عن بعضهـا البعض بمتـوسط مسـافة يقـرب من ٤ أو ٥ سنـوات ضوئيـة، ممتدة في مجموعهـا لمسافة تقدر بـ ١٠٠ ألف سنة ضوئيـة. ثم يمتد الظلام الشاسع مـرة أخرى حتى نجد أقرب جيراننـا من المجرات، أي سحب مـاجلان التي تبعـد ٢٠٠ ألف سنة ضـوئيـة. وليس هناك بعـدها إلا فضـاء شاسع، وغازات مظلمة، حتى نصل إلى مجرة النجوم الرئيسية التالية أي «المرأة المسلسلة»، على بعد مليوني سنة ضوئية، أي أبعد بمقدار عشر مرات من بعد المجرتين التابعتين لنا. وأقرب كوازار (أجـرام هي أشباه نجوم) لنا يقع على بعد

١٠ آلاف مليون سنة ضـوئية. وهذا يزيـد على نصف المسافة إلى بـدء الزمان، ذلك أن الكون قد ولد لحظة الانفجـار الكبير منذ مايقرب من ٢٠ ألف مليون سنة ضوئية.

وشمسنا عنـدما ينظر إليهـا من الأرض تبدو ساطعـة جدا لأنها جد قـريبة منا، ولكنك لـو وضعتها ضمن أحد الأبـراج فلن تكون مـرئية، بل مجرد نجم غير ملحوظ ومثير للضجر. ولو نظرنا من سحابة ماجلان إلى مجرتنا، أي نظرنا إلى مجرتنـا من الخارج، فما من مخلـوق سيلحظ الشمس. هَبْنـا ننظـر إلى درب التبانة من الخارج، فأين ياترى ستكون الشمس؟

إن أكبر ملمح ملحوظ في مجرتنـا هو الانتفـاخ الساطع المركـزي. ولكننا لا نعيش هناك. ويتفرع من المركز أذرع لولبيـة كثيفة (انظر شكل ٤ ـ ٢). ونحن لا نعيش هناك أيضا ولكنك تصبح هنا أقرب للدفـء. وقد كان يظن ذات يوم أن الأرض هي في المركز من المنظومة الشمسيـة. لكننا نعلم الآن أن الأمر ليس كذلك، بل إن الشمس نفسهـا ليست في المركز من المجـرة. وفضلا عن ذلك فإن مجرتنـا كلهـا ليست شيئـا يـذكـر بشكل خـاص، فهي مجرد مجرة محاطـة بمجرتين صغيرتين ـ سحب ماجلان ـ وتتكرر مثيلاتها في كل الكون، وتتميز المرأة المسلسلة لمجرد قربها لنا.

إن هنـاك وسيلتين للاختفـاء وأكثرهما فعـالية هي عـدم التميز أو الضيـاع وسط حشد. والنجوم في المجرة كثيرة كثرة حبات الرمل على الشاطىء. ونحن مجرد نقطة من ملايين من النقط غير المتميـزة تقع عند الأطراف. وهانحن مجرد علامـة هي (×) في الشكل ٤ ـ ٢. وما من أحـد يعيش في مجرة المرأة المسلسلة سيلقي على شمسنا نظـرة ثانية، هذا إذا افترضنـا أنه رآها أصـلا! ترى كم من الموجودات هناك تدور حول أحد النجوم التي لم يتسن لنا حتى أن نلحظها؟

ومن المستحيل أن تبقى ساكنا وأنت تُشد بجاذبية كل هذه النجوم والمجرات. وكل النجوم التي في مجرة واحدة تشد جماعيا تلك التي في مجرة مجاورة. والمجرات بأكملها في حركة. وقد ظلت المجرات عبر الدهور تثير إحداها الاضطراب في الأخرى، وهو ما يؤثر في مستقبل الكون على المدى البعيد. أما ما يهمنا أكثر على المدى المباشر فهو سلوك النجوم من داخل مجرتنا نحن، والنجوم القريبة منا الآن بالذات.

وكما أن المجرات في حالة حركة كذلك النجوم الواقعة داخلها. وكما تسبب الشمس والقمر حركة المد والجذر على الأرض، كذلك تسبب المجرات القريبة حركة مد وجزر داخل مجرتنا نحن. وتظل النجوم مشدودة على هذا النحو أو ذاك طيلة الدهور. وتدور مجرتنا مثل عجلة لولبية هائلة. وهذا السائل من النجوم هو في حالة من الدفق المضطرب، في خلال الانسياب العام هناك حركة فوضوية. ومنذ أن بدأت تقرأ هذه الجملة ستكون الأرض قد تحركت ١٠٠ ميل حول الشمس؛ وستكون الشمس قد تحركت ١٠٠٠ ميل في دورتها حول المجرة، ويكون سديم الجوزاء قد حرك نفسه ١٠٠ ألف ميل أخرى بعيدا عنا. فالكون لا يسكن، وكل شيء في كل مكان يتحرك. ولكن ليس كل شيء في المجرة يتحرك مبتعدا عنا. فالكويكبات تقطع بالفعل مسارنا محليا، وليست هي فحسب، بل وعلى المقياس الأكبر فإن كوكبة الجاثي تتحرك حاليا تجاهنا وتقترب منا بسرعة ١٥ ميلا في كل ثانية.

والمجرة ليست مزيجا متجانسا من النجوم، فكل منها يبتعد ابتعادا محكما عن أقرب جيرانه. أما فيما حولنا من جوار فإن الأمور هادئة نوعا. فخلال مسافة تبعد عن الشمس ١٧ سنة ضوئية لا يُعرف إلا ٤٥ نجما ولا يوجد أي احتمال لأن يسبب أي واحد منها الاضطراب لنا في المستقبل القريب. ولكن الأمور تختلف مسافة لا تبعد عن ذلك كثيرا. فهناك تجمعات عنقودية مثل

القلائص والثريا، وكلاهما يُرى بالعين المجردة، فيها نجوم تتقارب تقاربا وثيقا ويبلغ عددها نحو مائة نجم. ويقع هذان التجمعان على بعد يزيد بقليل على ١٠٠ سنة ضوئية.

ورغم أن النجوم القريبة منا تبدو موزعة عشوائيا، فإنه توجد تجمعات عنقودية كثيرة مثل هذه على مسافات أكبر. وأوضاع هذه التجمعات «ليست» عشوائية. فهي تقع جميعا في درب التبانة، أي مجرتنا هذه ذات الصحن المسطح. وهذا الصحن المسطح يُسمى المستوى المجرِّي ويشكل الخط المركزي لدرب التبانة، والذي نراه قوسا ساطعا عبر الليل. وهذا المستوى مسطح جدا في واقع الأمر. فهو أرفع بمقدار خمسمائة مرة من قطره، وهو أضيق نطاقا بمقدار ١٥ مرة مقارنة بالكواكب في منظومتنا الشمسية. وأعضاء هذه التجمعات العنقودية حديثة العهد جدا، ومعظمها سطع لزمن أقل من زمن وجود البشر. وهي مربوطة معا ربطا مخلخلا بحيث يفلت واحد منها كل ١٠٠ ألف سنة. وبهذا المعدل من التبخر فإن هذه التجمعات لا يمكنها أن تبقى لأكثر من ١٠٠ مليون سنة. وبالتالي فلابد أن تجمعات النجوم تتشكل وتتبخر باستمرار.

وعلاوة على هذه التجمعات حديثة العهد والتي يبلغ عددها مائة نجم، هناك أيضا تجمعات عنقودية متفرقة يصل عدد ما فيها من نجوم إلى مليون نجم. وهذه المجموعات الكروية تسمى تجمعات عنقودية كريّية (ذات كريات)، وهي قديمة العهد ومحشودة معا حشدا وثيقا، وعلى حين تبتعد التجمعات الصغيرة أحدها عن الآخر بما يزيد على ثلاثمائة سنة ضوئية وتنتشر عبر مستوى درب التبانة كله، فإن التجمعات الكريية تتركز داخل كرة حول مركز المجرة. وفي القلب من كل هذا الخضم الهائل يوجد ثقل أسود، وهو منطقة تبلغ الجاذبية فيها درجة هائلة من القوة بحيث لا يستطيع أي شيء الفرار من شدها حتى ولا الضوء نفسه.

ولو أمكننـا أن ننظر إلى المجرة من الخارج فسـوف نرى شكلا لولبيـا شبيها تماما بالشكل المألوف لسديم المرأة المسلسلـة . واللوالب الكثيفة من نوع لوالب عجلـة كاتـرين تسمى «الأذرع اللولبيـة» . وهي منـاطق انضغاط تصل فيهـا النجوم سريعـة الحركة إلى نقطة تـزاحم كتزاحم حركـة المرور في الطريق ، فهي تـدخل من الخلف منحشرة لتخـرج أخيرا من الأمـام . والقيـاسات الـدقيقـة لأوضاع الكثير مـن النجوم والتجمعـات النجمية تبين أن مجرتنـا شبيهة بهذا . وفضـلا عن ذلك فـإن بإمكـانـنـا أن ننظـر إلى المجـرات البعيـــدة من خـلال تليسكوباتنا لنجد مجرات عديدة أخرى لها نفس الشكل .

وما من شك أن مـا يزيد على نصف النجـوم يشكل قرصا مسطحـا نسميه نحن درب التبانة ، وأنها تدور حول مـركز المجرة بما يشبه كثيرا دوران الكواكب حول الشمس . ولكن هذا الدوران لا يماثـل بالضبط دوران الكواكب . فهناك فارق مهم لم يفهم بعد فهما كاملا ويمكن أن ينطـوي على نتائج مهمة بالنسبة لمستقبل الأرض .

إن الكواكب تـدور حول شمس مركزيـة ـ ومعظم كتلة المنظومـة الشمسية هي في المركز، ولا يوجد ما ينافسها عند الأطراف . وإحدى النتائج المترتبة على ذلك هي أن الحركة تكون أبطأ كلما اتجهت للخـارج أكثر . ومن هنا فإن عطارد يتحرك سريعـا جدا ، بينما تتحرك الأرض بسرعة معتـدلة ، أما أورانـوس البعيد جدا . فيتحرك بخطـى أبطأ كثيرا . ولو أن النجوم في مجرة ما كانــت تدور حول كتلة مركـزية لكانت تتبع أيضا القـاعدة نفسها (الأقرب للـداخل يدور دورانا أسرع ، والأبعـد للخارج هـو الأبطأ) . ولكن هذا لا يحدث في الـواقع الفعلي . فالنجـوم التي تقع في الأطراف تتحـرك تقريبـا بالسرعة نفسهـا لتلك التي تقع بـالقرب من المركـز نفســه . إن من المفترض أن الجاذبية المركـزيـة ضعيفة عنـد الأطـراف ، وبـالتالي فـإن النجم الذي يتحـرك هنـاك سريعـا ينبغي أن يفلت

لينطلق مبتعدا عن العجلة الدوارة. إلا أن النجوم تتمكن بطريقة ما من أن تبقى مربوطة للعجلة. وتبدو المجرات وكأنها أجسام صلبة، وكأن الفضاء مملوء بقوى ضخمة غير مرئية تسهم كلها في الشد الكلي، فتزيد من سرعة المناطق الخارجية على حساب المركز وتمسك بها إلى الأبد داخل المنظومة.

فما هذه المادة المظلمة؟ إن لك كل الحق في أن تسأل هذا السؤال. وهو يشكل حاليا أحد أبرز الأسئلة في علم الفلك وفيزياء الجسيمات ذات الطاقة العالية. ويتمثل أحد الاحتمالات في أن هناك نوعا من المادة جديدا بالكلية يتخلل الكون ولم ندركه حتى الآن. وسنتناول ذلك في الفصل الحادي عشر. وهناك احتمال آخر أكثر اقترابا من واقعنا الأرضي إذا جازت الاستعارة، يتمثل في أن هناك عددا كبيرا من الأجرام المصنوعة من المادة العادية، ولكنها باردة ومعتمة، وليست ساخنة بما يكفي لأن تسطع. وهذه الأجرام قد تشكل كرات من الغاز مثل المشتري، ولكنها أضخم كثيرا.

وإذا ما كانت هناك نجوم كهذه، فما عدد الموجود منها من حولنا؟ يخامر بعض علماء الفيزياء الفلكية نوع من الظن في أن للشمس قرينا معتما، هو نمسيس. وهذا القرين للشمس يمكن أن يكون أقرب نجم لنا، على بعد يقل عن ١٠٠ يوم ضوئي. وباللغة الكونية يمكننا القول إنه يقع في فنائنا الخلفي نفسه.

وتتحرك المنظومة الشمسية هي ونمسيس، إن كان له وجود، حول المجرة معا. ولو أنهما تعديا على حدود النجوم الأخرى، فإن حركتهما ستضطرب. ونمسيس بدوره يمكن أن يثير الاضطراب في سحابة أورت ذات المذنبات ويجرف الملايين منها إلى المنظومة الشمسية.

وهكذا فإننا على المدى الطويل نحتاج إلى أن نعرف كيف يكون المدار من حول المجرة، وأي مخاطر قد نلقاها في هذا الطريق. إن دوران الأرض

سنويا حـول الشمس يأخذنا في عام واحـد عبر حلقات من حطام صغير تنشأ عنهـا وابلات الشهب . وتستغـرق الـرحلة حـول مـركز المجـرة ٢٠٠ مليون سنة تظهر خلالها احتمالات أكثـر غرابة . . إن التاريخ المسجل يمتد لفترة عشرة آلاف سنـة فحسب ، وهي مجرد جـزء من عشرة آلاف من دورة واحدة . وهكذا فإن الحيـاة لم تشهد سوى ساعـات معدودة من يوم صيف وليس لدينا أي خبرة بأغوار الشتاء .

وخلال هذه الرحلـة نمر خلال مناطق خاوية ، ونمـر أيضا خلال مناطق عديدة محتشدة بكثافة ، ونلاقي أحـد «الأذرع اللولبية» مرة كل ٦٠ مليون سنة أو نحو ذلك ، وتصبح فرص الاصطدام أعظم في هذه الأوقات .

إننا في الـوقت الحاضر في منطقة هادئة حيث نسبـة المخاطر ضئيلـة جدا . لكن مـا الذي يحملـه المستقبل ياتـرى؟ وأي مفـاتيح لدينـا فيها يتعلق باللغـز الديسمبري في السنـة المجرّيـة؟ إن المفاتيح تأتي من الماضي . والأرض عمـرها ٢٠ سنة مجرّية ، وهكذا فإنها قد مرت خلال الأذرع اللولبية مرات كثيرة . ورغم أن البشر لم يكونوا موجـودين ليسجلوا ما حدث فإن الحفريات تمدنـا بالمفاتيح لما كانت عليه الأمور.

## الغبار للغبار

إن كل عـالم ، بل وكل من فتـن بـالطبيعـة ، بـوسعـه أن يتـذكـر اللحظـة السحريـة في طفولته التي بدأ عنـدها افتتانه بها . ويتـذكر جين هايدمـان عالم الفلك بمرصد باريس ، كيف حدث في إحدى الأمسيات بعد غروب الشمس مباشرة أن كان المريخ الأحمر هو وكوكب الزهرة الناصع البياض قريبين معا عند الشفق . وقال أبوه : «منـذ ثلاثة شهور كنا بأعلى هنـاك ، بين الزهرة والمريخ» . وكانت لحظة كشف مذهل بالنسبـة للصبي الصغير أن يحس أنه قد سافر كل

هذه المسافة في هذه الفترة الزمنية المحدودة، فسفينة الفضاء التي هي الأرض قد نقلته، ونقلتنا جميعا معه، عبر فضاء ثلاثي الأبعاد، وهاهو الآن يستطيع أن ينظر ثانية إلى حيث كان.

إن «الفضاء» يمتد امتدادا شاسعا، والكواكب والنجوم والمجرات إنما هي جزء تافه من الحجم الكلي للكون. والمسافات مابين هذه الأنواع الثلاثة من الأجرام يشار إليها على الترتيب بوصفها مسافات «مابين الكواكب» و«مابين النجوم» و«مابين المجرات». ولكن أيا منها ليس خاويا. لقد لقينا من قبل الريح الشمسية التي تتكون من جسيمات تحت ذرية تتخلل المنظومة الشمسية وتشكل غالبية الوسط بين الكواكب. أما الوسط مابين النجوم فيتكون من غازات هي أساسا الهيدروجين والهليوم وهباء من غبار دقيق.

ورغم أن الفضاء ليس خاويا، فإن كثافة الغاز رقيقة جدا في معظم الأماكن، لدرجة تقل كثيرا عما يمكن إنتاجه بأحسن المفرغات على الأرض. وإذا أرسلت شعاع ضوء ليسطع عبر المجرة فسوف يلقي وهو في طريقه للخروج من جو الأرض غازا بكميات أكبر مما سيلقاه في باقي رحلته عبر المجرة، ثم عندما يخرج لرحابة الكون.

وحجم المجرة ضخم جدا لدرجة أنه رغم كون الغازات رقيقة جدا في المتوسط فإنها توجد بكميات هائلة. وإذا ما أجمعت مقاديرها كلها فسوف تصل إلى ما يزيد على ١٠ بلايين ضعف كتلة الشمس، أي نحو ١٠ في المائة من الكتلة الكلية للمجرة كلها. ويتركز معظمها في الأذرع اللولبية للمجرة، وذلك في طبقة لا تزيد على ما يوازي ١٠٠ سنة ضوئية من طرف للآخر. وبعض سحب الغاز تكون جد معتمة بحيث تمنع مرور الضوء الآتي من النجوم البعيدة، ويعد «جوال الفحم» الواقع في صليب الجنوب مثالا لذلك. وتحوي هذه السحب نوع الغازات نفسها الموجودة في

السحب الساطعة أو «السدم»، ولكن هـذه الأخيرة لديها نجوم على مقربة منها تضيئها، وخلال قيام الشمس برحلتها حول المجرة هي وما بـرفقتها من الكواكب، تلاقي بصفة دوريـة سحب الغبار وتمر من خلالها. ونحن نفعل ذلك في الوقت الحاضر، وإن كـانت السحابة التي نلقاهـا جد رقيقة ولا تؤثـر فينا تأثيرا ملحـوظا. والـواقع أن ذلك يوفـر فرصـة فريـدة لنعرف الطـريقـة التي سـوف تتأثر بها الأرض والشمـس عندمـا نمـر من خـلال سحابة كثيفة، مثل تلك الكائنة في الأذرع اللولبية للمجرة.

إن السحابة التي نمر من خلالها حاليا ليس فيها شيء من ذلك. فلا يوجد فيها مـا يزيد على ذرة هيدروجين أو ذرة هليـوم في كل ١٠ سنتيمترات مكعبة. ونحن نتحرك من خـلالها بسرعة ١٢ ميـلا في الثانيـة أي نحو ٥٠ ألف ميل في السـاعة، وهـذه السرعة هي نحـو ثلثي السرعـة التي ندور بها حـول الشمس وتهب السحـابة من نـاحية كـوكبة (بـرج) القنطورس متجهـة إلى كوكبـة ذات الكـرسي. ونتيجـة لهذا الاكتشـاف بـدأنـا في السنـوات الخمس عشرة الأخيرة فحسب في فهم التفاعل بين الشمس والوسط الذي مابين النجوم.

ولـو سحابـة كهـذه طوقت نجما حـرارتـه أشـد خمس مرات من حـرارة الشمس، فإن الحرارة المشعـة منـه يمكـن أن تنـزع ذرات الهيـدروجين عن السحابة، مخلفة غازا من جسيمات حـرة هي إلكترونات ذات شحنة سالبة وبروتونات ذات شحنة موجبة تعرف بـ «البلازما»، وتعرف هذه المنطقة من البـلازما بـاسم «كرة ستروجمرن» وامتـدادهـا قد يبلغ ١٠٠ سنـة ضوئيـة، بحيث تطوق نجوما عديدة. ويعد سديم الجوزاء مثالا للتعايش بين نجوم شابة سـاخنة والوسط الذي مابين النجوم. والاستعـراض الضوئي الناجم عن ذلك يجعل لسديم الجوزاء منظـرا من أروع مناظر سماء ينايـر، ومشهدا مفضلا للملصقات والكتب المصورة لعلم الفلك.

وقد حملت الصواريخ كشافات حساسة عاليا فوق جونا وسجلت تأثير سحابة الغبار في ضوء الشمس. وليس في سلوكها ما يشبه توهج الجوزاء. وبدلا من ذلك سجلت الآلات ضوءا فوق بنفسجي كثيفا منتشرا له طول الموجة المميزة لاستثارة هيدروجين متعادل غير متأين. وهذا يبين أن الهيدروجين المتعادل موجود في الفضاء مابين الكواكب بكميات كبيرة.

وفي أول الأمر كان ذلك بمنزلة مفاجأة لأن العلماء كانوا يعتقدون أن أي هيدروجين في هذه المنطقة ينبغي أن يتأين بوساطة الشمس. ثم أتى الحل على يد هانز فاهر وبيتر بلوم من جامعة بون. فغاز مابين النجوم يغمر المنظومة الشمسية، ولكننا نندفع من خلاله بسرعة كبيرة جدا بحيث إن ريحه الهوجاء تهب مندفعة إلى بعيد داخل المنظومة الشمسية قبل أن يتأين الغاز بأشعة الشمس.

وإذا كان اللقاء بسحابة رقيقة هو أمرا لا يكاد يلحظ، فإن اللقاء بسحابة كثيفة كما في الأذرع اللولبية للمجرة، يمكن أن يؤدي إلى تغيرات في الكرة الأرضية.

تخيل أنك تأخذ حمام شمس في يوم من أيام الصيف المألوفة في بريطانيا. ستكون الحرارة عندئذ نحو ٢٠ درجة مئوية، ثم تمر سحابة عبر الشمس، ستهبط درجة الحرارة شيئا قليلا لا غير، ولكنك ستبدأ بالفعل في حساب سرعة السحب: «هل ينبغي أن أظل راقدا هنا لأعرق في الشمس» أو «هل أنهض وأرتدي قميصا؟».

حسناً، لقد كان هذا ماحدث لي بالضبط، فأثناء قيامي بالكتابة كانت السحابة قد مرت وسطعت الشمس ثانية، لكن هناك سحبا أخرى سوف تأتي وإنني لأتساءل كيف تكون الحال لو ظلت السحب من حولنا بصفة دائمة. بل إن الأمور تبدو أحيانا، في بريطانيا أو شمال أوروبا، وكأنها طوال الوقت

هكذا! ولكنك تستطيع دائما أن تذهب إلى جنوب فرنسا أو كاليفورنيا أو المناطق الاستوائية حيث تنال الدفء. ولكن افرض أن ثمة سحبا موجودة باستمرار بين الشمس وكل الأرض. في هذه الحالة ستبرد الأرض كلها لدرجات معدودة ونحن حساسون لتأثير البرودة عندما تقل الحرارة بدرجتين لا غير. وذلك هو الفارق الطفيف بين أن يكون حمام السباحة محتملا وبين أن يثير الخدر، أو بين أخذ حمام شمس أو الذهاب إلى داخل المنزل، أو بين «اللحاف» وتشغيل التدفئة داخل الدور.

إن السحب التي فوق رؤوسنا لا يتعدى أقصى ارتفاع لها عدة مئات من الأمتار. أما الشمس الذهبية فتبعد بمائة مليون ميل، أي أنها أبعد من السحب بمئات الملايين من المرات. ولو كانت هذه المسافة الفاصلة مليئة بسحب الغبار لدخلنا في نوبة برد لها دلالتها. وذلك هو مايحدث بالفعل كل ١٠٠ مليون سنة أو مايقرب عندما نلاقي الأذرع اللولبية الكثيفة للمجرة.

والذراع اللولبي هو منطقة تضيء فيها نجوم ساطعة قصيرة الحياة سحبا كبيرة من غبار وغاز مابين النجوم. ويتعين أن تتحرك النجوم والغاز من خلال اللوالب الكثيفة لأنه إن لم يحدث ذلك فستصبح اللوالب ملفوفة لفا وثيقا بسبب معدل الدوران المتمايز للمجرة كلما تحرك المرء بعيدا عن المركز. وتشير حقيقة أن اللوالب تظل باقية تدل على أن ثمة نمطا موجيا معينا يتحرك خلال قرص النجوم والغاز، مثلما هي الحال في ازدحام مروري في طريق رئيسي. فحركة المرور تصل إلى مؤخرة منطقة الازدحام على حين العربات التي في المقدمة تفلت منها. وإذا نظرت إلى منطقة ازدحام المرور من أعلى لفترة من الزمن فسترى الانسداد يتحرك وراءً حتى يأتي الوقت الذي تجد فيه السيارة أسيرة الازدحام نفسها في المقدمة وتفلت للحرية. وتمثل منطقة ازدحام المرور والأذرع اللولبية أنماطا تتحرك من خلالها الأجسام.

وقد وجـد علماء الفلك من ملاحظـاتهم للتكوينـات اللولبيـة أن الأجسام تدخل الـذراع عند حرفه الـداخلي أو المقعر حيث يوجد تـراكم للغبار. وذلك نـوع من التأثير الموجي الاصطدامـي يحدث بموجبـه أن تنضغط السحب لفترة وجيزة وهي تعبر حارة الغبار هذه وتمثل هذه السحب المنضغطة مواقع تشكيل النجوم الجديدة وأكثر هذه النجوم لمعانا تضيء الذراع وهي تتحرك في طريقها، لكنها تحترق قبل أن تخرج إلى منطقة مابين الأذرع.

وقد تمر المادة التي تدور من حول المجرة خـلال أمواج الانضغاط هذه عدة مـرات قبل أن تنضغط بما يكفي لتقليصها إلى نجـم. وفي كل مرة تمر فيهـا من خـلال ذراع تتشكل نسبـة صغيرة فحسب من المادة المنتشرة لتكـون نجما وإلا لكانت الأذرع قد اختفت.

وقد تشكلت شمسنـا هي وكواكبنا في سحـابة مضغـوطة منذ مـايقرب من خمسة بـلايين من السنين.. ومنذ ذلك الوقت درنـا جميعا حول المجـرة ٢٠ مرة ولاقينا أذرعها اللولبية مايقرب من خمسين مرة، أي بمعدل مرة كل ١٠٠ مليون سنة على وجه التقريب. ويستغرق اجتياز الجزء الرئيسي من الذراع ١٠ ملايين سنة نظل لمدة مليون سنة منها في حارة الانضغاط.

وقد ربط عديد من البـاحثين بين العصور الكبرى والالتقاء بسحب الغبار في الأذرع اللـولبية. وتحدث العصـور الثلجية كـل ٢٥٠ مليون سنـة تقريبـا، وتظل باقيـة لملايين معدودة من السنين. وهي تحوي عدة فترات جليديـة يمتد كل منها مابين ١٠٠ ـ ٢٠٠ ألف سنة. وقـد انتهت آخر فترة جليدية من نحو ١١ ألف سنة.

إن هذه الحقائق جميعـا تتفق مع الفكرة القائلـة بملاقاتنا لسحـابة غبار في ذراع لولبي. ونحن في الوقت الحاضر عند الحرف الداخلي لذراع أوريون، وقد

دخلنا حارة انضغاط منذ مليون سنة وخرجنا منها حديثا . كما أننا خرجنا أخيرا فحسب من فترة جليدية . كذلك يتفق الوقت الذي يستغرقه المرور من خلال السحب مع ما نعرفه عن الفترات الجليدية . فالشمس تتحرك بسرعة تقارب ١٢ ميلا في الثانية بالنسبة لأقرب النجوم، وسرعة ٣ ـ ١٥ ميلا في الثانية بالنسبة لسحب الغبار المنفردة . وهناك العديد من السحب الرقيقة (مثل هذه التي نمر من خلالها حاليا) التي لا تؤثر فينا ، أما السحابة الكثيفة ، والتي تكون في حالتها النموذجية في حجم سنة ضوئية ، فلها شأن آخر ، . ونحتاج إلى المرور من خلالها بسرعة من ١٢ ميلا في الثانية إلى ٥٠ ألف سنة .

وقد ذهب فريد هويل ور. ليتلتون، منذ وقت مبكر يعود إلى ١٩٣٩ ، إلى أن هناك صلة بين العصور الثلجية وهذه اللقاءات بالمجرة . وقام ويليام ماكري أخيرا بتطوير وتوسيع آرائهما هذه وهو يرى أن هناك أسبابا قوية للاعتقاد في وجود رابطة بين العصور الثلجية وملاقاة سحب الغبار مابين النجوم . لكن الطريقة التي يحفز بها الإشعاع الشمسي بدء العصر الثلجي مازالت موضع الحدس ، فعلم الأرصاد مازال محدودا . إلا أن هناك سمات لظاهرة الارتباط تفرض نفسها . فالسحب عالية الكثافة موجودة «بالفعل» وينبغي أن تمر الشمس من خلالها . وعندما تفعل فلابد أن إشعاعها سيتأثر. والدورات الزمنية للفترات الجليدية ومداها يتفقان أيضا مع هذه اللقاءات .

فإذا كانت العصور الثلجية العظيمة يمكن تفسيرها على هذا النحو فلن نكون بحاجة إذن إلى اللجوء إلى الآراء الأكثر إثارة مثل الرأي القائل إن الشمس متغيرة بحكم طبيعتها . ولن نكون بحاجة بعد إلى أن نتوقع فترة جليدية كبرى ، وذلك لزمن طويل .

وقد تكون ملاقاة الأذرع اللولبية هي السبب أيضا في انهمار المذنبات على المنظومة الشمسية . ونحن الآن في فترة سكون ، لكننا عندما نلاقي بعدها سحابة كثيفة ، فقد نتوقع زيادة في مخاطر الاصطدام .

وهناك بعض الـدلائل على أن انقراض النبـات والحيوان يحدث على فترات طولها ١٥٠ مليون سنـة تقريبا، وذلك منذ الدهر القـديم أي منذ ٦٠٠ مليون سنـة. وتشير العينـات التي أخـذت من صخور القمـر إلى أن اصطـدامـات الشهب بـالقمـر تصل إلى ذروتها على مـدى زمني ممـاثل. وقـد حـدث آخـر اصطدام من هـذا النوع الانتقالي منذ نحو ٦٠ ــ ٧٠ مليون سنة عندمـا كانت الحياة الحيوانية قد انبعثت في التو. وفي هذا العهد اختفت الديناصورات. وإذا كـان هذا كلـه صحيحا فإننـا نكون في منتصف الطـريق بين نقلات من هـذا النوع. ولقد مثلـت فترة المليون سنة التي عاشها البشر هنـا فترة هدوء. ونحن ننزع إلى التعميم وافتراض أن هذا هو النظـام الطبيعي للأمور، ولكن الحال لن يظل دائما آمنا هكذا.

## أساليب حياة النجوم

تعمل الطبيعة عبر مدى كامل من المقاييس الزمنية. فالنجوم تعيش بلايين السنين، والبشر يعيشـون بـالعقـود، والحشرات تعيـش سـاعـات معـدودة فحسب. ولكن حيـاتنا بأحـد هـذه المقاييس لا تمنعنـا من أن نكون مـدركين لتطور الآخرين. فلنهبط إذن إلى الأرض ولنتخيل منظرا ممتعا آمنا.

إنه يـوم دافىء من أيام الصيف. وهنـاك إحدى العائلات تتنـزه إلى جانب نهر. وينـام طفل وليـد في شمس الأصيـل. وهنـاك أطفـال أكبر يلعبـون مع الوالدين. أما الأجداد فينعسون. وتستمتع اليعاسيب بلحظة وجودها الوجيزة وهي تحوم فـوق الزنـابق. ومـدى حيـاتها ليس إلا جزءا مـن المليون من حيـاة البشر. ومتوسط حياة الإنسان ليس إلا جـزءا من المليون من عصر جيولوجي، وهـذا بـدوره لا يتعدى واحـدا في المائة من عمـر الكـون. وهكـذا فإن البشر بالنسبة للنجوم هم مثل اليعاسيب بالنسبة للبشر على ضفة النهر.

هب اليعاسيب كانت شديدة الذكاء. في هذه الحالة ستكون خلال لحظات حياتها مدركة للحيوات السبع للإنسان المتمثل في مجموعة المتنزهين. ورغم أن حياتها هي بالمقارنة قصيرة جدا، فإن اليعاسيب سترى دلائل على وجود حيوات تظل لمدى زمني أطول كثيرا، وسترى التطور الذي مر به أفراد البشر بالفعل، أو الذي يتعين أن يمروا به.

ونحن بدورنا كحشرات بشرية ندرك أحقاب الزمن الأعظم. فما يُعدّ عندنا بثلاث سنوات أو عشر يشابه فترة ما بعد الظهر عند اليعسوب. وعندما ننظر إلى النجوم فإننا نرى ماضي شمسنا ومستقبلها. فهناك سدم مضيئة، ونجوم تتولد، ونجوم في منتصف العمر مثل شمسنا الآن، ونجوم في حالة شيخوخة، تماثل مستقبل الشمس عندما تموت.

ذلك أن النجوم لا تتماثل كلها ـ ويمكنك أن ترى ذلك بعينيك. الجوزاء هو واحد من أشهر الأبراج. وإذا كنت تعيش في نصف الكرة الشمالي، فسيمكنك في ليلة شتاء صافية أن تعثر على نجم منكب الجوزاء الأحمر الناصع عند الزاوية العليا اليسرى للمنكب. وبالقرب منه يوجد نجم كلب الشعري وهو نجم ساطع ذو لون أبيض مزرّق. كما يمكن في سماء الصيف رؤية نجم النسر الواقع في برج القيثارة. وفي نصف الكرة الجنوبي يمكن رؤية صليب الجنوب الذي يحوي ثلاثة نجوم بيضاء مزرقة ونجما واحدا أحمر.

ويمكنك باستخدام النظارات المعظمة أن ترى ملايين النجوم في حشد من الألوان. وتدلك هذه الألوان على درجة الحرارة عند سطح النجم. فكما أن نيران المدفأة الكهربائية تتوهج في لون برتقالي ـ أحمر ثم يصبح لونها أصفر ما أن تزداد دفئا، فإن النجوم كلما كانت أسخن أصبح لونها أبعد في ألوان الطيف. فنجم «النسر الواقع الأزرق» يسطع عند درجة حرارة ٣٠ ألف مئوية، وشمسنا الصفراء درجة حرارتها ٦ آلاف، على حين يسطع منكب الجوزاء الأحمر عند درجة حرارة ٣ آلاف.

إنك تستطيع أن تحس بدفء النار قبل أن تبدأ في التوهج، ويصدق ذلك على النجوم. فالنجوم التي هي أبرد من أن تبعث ضوءاً مرئياً يمكنها رغم ذلك أن تبث أشعة حرارية، أي الأشعة تحت الحمراء. وفي ١٩٨٤ قام القمر الصناعي إيراس بمسح السماوات وأرسل إلينا كماً هائلا من المعلومات عن أفراخ نجوم المستقبل. ومازال علماء الفلك يفرزون هذه الثروة من المعلومات الجديدة من خلال كمبيوتراتهم، ولكنهم عرفوا بالفعل أشياء كثيرة عن تشكيل النجوم.

لكن كيف تتشكل النجوم؟

ما من أحد أجاب عن هذا السؤال إجابة كاملة ومفصلة ومقبولة للكل. ومع ذلك فإن لدينا فكرة جيدة نوعا عن المخطط العام للأشياء تأتت لنا من مراقبة سلوك أنواع عديدة مختلفة من النجوم في الأجزاء البعيدة من الكون، ومن وضع الأدلة المختلفة معاً هي والخبرات المكتسبة من عقود من الملاحظة.

إن دورة الطبيعة هي دورة حياة تؤدي إلى الموت، الذي يضع بدوره بذرة حياة جديدة. وتعد الفصول على الأرض دورة سريعة ومصغرة عند مقارنتها بالنطاق الأضخم والأبطأ للكون على إطلاقه. ويهيىء موت بعض النجوم أسباب الحياة للجيل التالي. ويمكن لنوازل انفجار نجوم السوبرنوفا (انظر الفصل التاسع) أن تدمر الكواكب القريبة والحياة القريبة (إن كان هناك حياة في مكان آخر)، تماما مثلما يمكن لانفجار قنبلة تقليدية أن يدمر المادة الجامدة الواقعة على مقربة منها. وهذه الانفجارات الكونية ترسل أيضا موجات اصطدامية خلال الغازات التي مابين النجوم فتجعلها تنضغط. وفي بعض المناطق يصبح الغاز مركزا بما يكفي لتكوين تكتلات. وتزيد ثخانة بقع الغيوم هنا وهناك.

وتبدأ الجاذبية في ممارسة تأثيرها، فتشد هذه التكتلات الواحد للآخر هونا ولكن بإصرار. وبالتدريج وعبر آلاف وملايين السنين يتقلص الغاز إلى كرة هائلة. ووزن هذه الكرة نفسها يجعلها تستمر في الانكماش إلى حجم أصغر فأصغر. ويستمر الأمر هكذا حتى لا يبقى هناك أي فراغ إلا

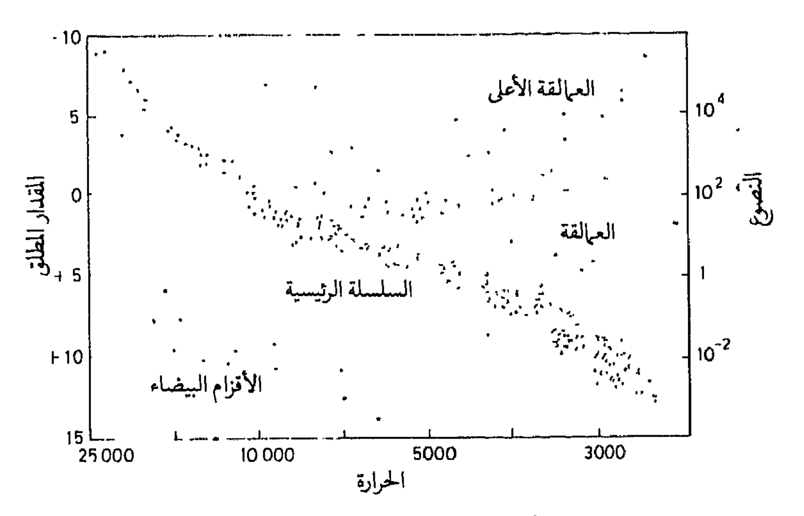
إذا حدث شيء يمنع ذلك. وتحدث اصطدامات عشوائية بين الذرات تولد حرارة وضوءا . ويبدأ الغاز يسطع . وتقاوم الحرارة التي في الداخل شد الجاذبية المتجه داخليا .

ودرجة حرارة الغاز وهو في حالة السكينة تعلو الصفر المطلق بثلاث درجات ، وهي درجة شديدة البرودة إذ توازي - ٢٧٠ درجة مئوية . وعندما تأخذ الذرات في الاصطدام معا ، ترتفع درجة الحرارة ، حتى تصل أخيرا إلى الحرارة المألوفة على الأرض . وهي درجات أقل كثيرا من أن تؤدي إلى توهج مرئي ، ولكن الغاز يكون قد بدأ بالفعل في بث إشعاع حراري على مستوى منخفض ، أي أشعة تحت حمراء .

وليس للسحب الشديدة الخفة من الهيدروجين الوزن الكافي لأن تتقلص تحت تأثير شد الجاذبية ، وبالتالي فإنها لا تسخن عند المنتصف بما يكفي لأن تبدأ عمليات الاندماج النووي ـ الحراري . وهذه النجوم الفاشلة هي سحب من غاز بارد مثل كوكب المشتري . ويمكن أن يكون هناك الكثير من تلك «الشموس المظلمة» فيما حولنا ، مثل نمسيس ، والذي يشتبه في أنه الرفيق المظلم للشمس . وهذه النجوم المظلمة كانت غير مرئية في الماضي ، وقد أصبح العلم الآن فحسب قادراً على الكشف عنها عن طريق حرارتها تحت الحمراء .

وهناك آلات تصوير خاصة حساسة للحرارة يمكنها «تصوير» الأشياء بالحرارة التي تبثها . وهي تستطيع تصوير جسد الإنسان بوساطة حرارته . وقد أرسلت الكاميرات تحت الحمراء لأعلى فوق الأقمار الصناعية وأرسلت لنا صورا لغازات بدأت تسخن هكذا . ونحن نقول عن هذه المرحلة من التسخين إنها «نجم أولي» . وفي النهاية يسخن الغاز بما يكفي بحيث يترك الإشعاع تحت الأحمر مكانه لتوهج معتم من لون أحمر مرئي .

لكن الجاذبية تواصل ضرباتها «للحباحب»* الواهنة هذه، معتصرة النجم حتى تبدأ التفـاعلات النوويـة . وفي النهايـة ينبثق فرخ نجم مكتمل التشكيل من نجـوم «السلسلة الـرئيسيـة» . وتسيطر على النجم التفـاعـلات النوويـة . وتندمج ذرات الهيدروجين لتكون الهليوم . وترتفـع درجة الحرارة ارتفاعا مذهلا إلى ١٠ ملايين درجة أو أكثر. وتلك هي النقط اللامعة التي نسميها نجوما .




شكل ٨ ـ ١ : أنواع النجوم حسب الرسم البياني لهرتزبرونج ـ راسل
المقدار المطلق لنصوع النجم مرسوم على المحور الرأسي ودرجة حرارته على المحور الأفقي . والنجوم الأنصع في أسفل الشكل والنجوم الأسخن إلى اليسار. والنجوم الباردة إلى اليمين تسطع حمراء، والنجوم الأسخن عند المتصف صفراء، أما النجوم الساخنة جدا إلى اليسار فهي زرقاء وتوزيع النحوم ليس عشوائيا . فالكثير منها يتجمع في شريط ضيق عند قطر المستطيل يسمى السلسلة الرئيسية . وهناك مجموعة أخرى تمتد أفقيا فوق دلك وتعرف بالغصن العملاق . والنجوم الباردة المعتمة كبيرة جدا وتسمى «العمالقة» و«العمالقة الأعلى» (وتسمى العمالقة «الحمراء» بسبب لونها) . والنجوم الناصعة الساخنة الصغيرة هي الأقزام (زرقاء وبيضاء) . وتقع شمسنا حاليا قرب المنتصف من السلسلة الرئيسية .

* الحُباحب، glow worm · حشرة مضيئة وتسمى أيضاً «سراح الليل» . (المراجع)

وهكذا فإن النجوم في حالة صراع داخلي: فالجاذبية تشدها للداخل على حين الاندماج النووي الحراري يبقيها حية. وتعتمد مرحلة الصراع على قدر الشد الجذبي (الحجم) وحالة المفاعل الذري (كمية الوقود النافع المتخلفة عن التفاعل ومن أي نوع يكون).

وقد استغرق الأمر من السحابة التي بين النجوم عدة ملايين من السنين فحسب حتى تكثفت وبدأت تسطع كنجم. وأنا أقول «فحسب» لأن هذا زمن قصير كونيا. فهو يعادل، على سبيل المثال، الفترة الزمنية التي عاشها البشر على الأرض. فالسحب الواقعة مابين النجوم التي تكثفت عندما بدأ الإنسان النياندرتالي يمشي على كوكب الأرض تسطع الآن في صفحة السماء.

وقد استنبط هانزيث، وهو عالم ألماني المولد ويعمل الآن بجامعة كورنيل بالولايات المتحدة، تسلسل التفاعلات النووية التي تسوق النجوم. وهو ما يفسر تنوع النجوم التي نراها. وقد جعلنا ذلك ندرك أن النجوم الكائنة في السماء ليست دائمة، وإنما هي تتغير باستمرار. كما مكننا ذلك بوجه خاص من استقراء مستقبل شمسنا.

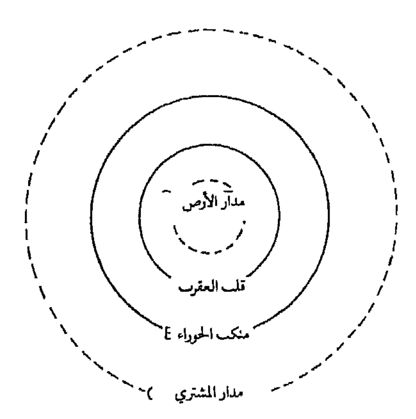
ولكي نضع شمسنا في موقعها الراهن من التطور النجومي فسيتطلب ذلك مخططا لتصنيف النجوم التي نراها. وقد توصل إلى فكرة تصنيف النجوم حسب نصوعها وحرارة سطحها كل من العالم الفلكي الدنمركي إجنار هرتزبرونج والأمريكي هنري راسل ــ كل منهما مستقلا عن الآخر ــ (في ١٩١١، ١٩١٣ حسب الترتيب) وهاتان الخاصتان تكفيان لتعرف حالة النجم ومصيره النهائي. ويمثل الرسم البياني لهرتزبرونج ــ راسل خريطة للنجوم (انظر شكل ٨ ــ ١) ويقيس المقياس من اليسار إلى اليمين درجة الحرارة، على حين المقياس من أعلى لأسفل السطوع الحقيقي (أي نصوع النجم لو كنا نراه على المسافة نفسها التي نرى بها الشمس، ويأخذ ذلك في الحسبان

حقيقة أن بعض النجوم تبدو معتمة لأنها بعيدة جدا، على حين لو تنظر عن قرب قد تكون أشد سطوعا من الشمس بكثير) . وهكذا فإن النجوم عند الجانب الأيمن تكون ساخنة حتى الاحمرار، وتلك التي في المنتصف ساخنة حتى الاصفرار والبياض، والتي إلى اليسار تكون زرقاء . والنجوم الساطعة جدا عند القمة، على حين النجوم المعتمة تكون لأسفل .

وسطوع الشمس يضعها في نحو المنتصف من الخريطة، بينما تضعها حرارتها في منتصف الطريق تقريبا من الخريطة . وإذ نفعل الشيء نفسه لكل نجم من النجوم كلها سنجدها مبعثرة على الرسم كله .

حسنا، ليس على كل الرسم تماما . فأنت تلحظ في التو أن النجوم ليست موزعة عشوائيا . فمعظمها يقع على خط يعرف بالسلسلة الرئيسية التي تشمل الشمس . وهناك حفنة من نجوم بيضاء معتمة، أو الأقزام البيضاء، بأسفل إلى اليسار. أما النجوم الحمراء العملاقة فيكثر عددها نوعا عند الزاوية العليا إلى اليمين .

ويعتمد مقدار الزمن الذي يقضيه النجم في المناطق المختلفة على مدى كبره . فالنجوم الضخمة سيتم امتصاصها بتأثير جاذبيتها لحيز ضيق بأكثر من النجوم الصغيرة . أما ما يمنع تقلصها فهو الحرارة التي تنبعث من احتراق وقودها الذري . وهي إذ تحترق، فإنها تصبح أسخن حتى تصير مستقرة . وأسخن وأنصع نجوم السلسلة الرئيسية هي أثقلها (الزاوية اليسرى العليا) . وهي تحرق الوقود بسرعة كبيرة جدا لتولد الحرارة ، وهكذا فإن حياتها تصبح أقصر. وقد يكون موتها موتا دراميا له عاقبة عجيبة، كما سنرى في الفصل التاسع، وتحرق النجوم الأقل ضخامة وقودها بشح أكثر: فجاذبيتها أقل سحقا، وهي تحتاج إلى حرارة أقل لإبقائها متماسكة، فتعيش هذه النجوم زمنا أطول . وشمسنا نجم من هذا النوع .




شكل ٨ ـ ٢ : أحجام النجوم. هناك تباين هائل في أحجام النجوم. والنوع الذي يبلغ قطره نحو نصف مليون ميل مثل شمسنا، هو شائع. وأكبر النجوم هي الحمراء من العمالقة والعمالقة الأعلى. ونجم «قلب العقرب» قطره ٣٠٠ ضعف قطر الشمس، ولو وضع في مركز المنظومة الشمسية فسوف يبتلع مدارات عطارد والزهرة والأرض. أما مكب الجوزاء في برج الجوزاء فهو حتى أكبر من ذلك. وعلى الطرف الآخر فإن الأقزام البيضاء حجمها نحو حجم الأرض، بينما يبلغ عرض نجوم النيوترون أميالا محدودة فحسب.

ونجم مثل الشمس يمكن أن يسطع هكذا ويظل مستقرا لفترة تمتد لعشرة بلايين من السنين. وهي تحول في كل ثانية ٦٠٠ مليون طن من الوقود الهيدروجيني إلى هليوم. ويوجد من الهيدروجين مايكفي لأن يستمر ذلك لخمسة بلايين سنة أخرى. وعمر المنظومة الشمسية يقارب الآن ٥ , ٤ بليون سنة، وهكذا فإن الشمس في منتصف الطريق تقريبا من مخزونها الهيدروجيني.

وعندما تستنفد الشمس كل الهيدروجين من قلبها المركزي، فإن التفاعلات النووية ــ الحرارية سوف تنتشر للخارج. وفي هذه العملية، سوف تتمدد الشمس سريعا لمائة مرة وتصبح عملاقا ناصعا أحمر. وسيتم ابتلاع الكواكب الداخلية، أي يتم تبخرها. ولن يكون للأرض وجود.

وستبقى الشمس لعدة آلاف من السنين في طور العملاق الأحمر وهي غير

مستقرة. وقد تصبح نجما «متغيرا» يتمدد وينكمش كل بضع ساعات. وسيدفعها ضغط الغاز من داخل الشمس للخارج بما يتجاوز حجمها المتوسط حتى تشدها الجاذبية ثانية. وتظل الشمس تتمدد تمددا فائقا لتعود فتصغر مثل بندول يتأرجح. وهناك أمثلة كثيرة على نجوم كهذه في السماء. ومنكب الجوزاء، أي النجم الأحمر الناصع في برج الجوزاء، يتغير حجمه تدريجيا بما يصل إلى ما يتراوح بين ٣٠٠ و٤٠٠ ضعف لقطر الشمس (ولكي يسهل علينا إدراك ما يعنيه ذلك فلنتخيل الشمس وقد ابتلعت الأرض وامتدت لما وراء المريخ).

وفي النهاية ينتهي كل الاحتراق النووي داخل القلب. ولا يبقى وقود ليقاوم قوة الجاذبية. ويتقلص النجم بتأثير وزنه هو نفسه. ثم يصبح قزما أبيض. ورغم عدم وجود مصدر للطاقة في الداخل ليولد حرارة وضوءا جديدين فإن النجم يبرد ببطء شديد بحيث إنه يظل يسطع لبليون سنة أخرى.

وهكذا سوف يأتي يوم بعد نحو ٤ بلايين سنة، تشرق فيه الشمس لآخر مرة على الأفق الشرقي. وعندما عرف جمهور من المستمعين في واشنطن أن الشمس لم يبق لها سوى ٤ بلايين من السنين، سأل أحد الأفراد في شيء من الذعر «هل قلت ٤ بلايين أو ملايين؟» وعندما أكد له أنها ٤ بلايين جلس مطمئنا.

ويبين هذا مدى صعوبة اكتساب الإحساس بالأرقام الكبيرة، لذلك دعنا نصف أسلوب حياة الشمس بالمقياس الزمني المألوف لنا أي المدى الزمني لحياة الإنسان: أي قرن من الزمان.

في هذه الحالة سيستغرق أي طور النجم الأولي، يومين اثنين فحسب. ثم تنفق الشمس ٨٠ عاما من عمرها بمقياسنا البشري في السلسلة الرئيسية، حيث تستهلك وقودها الهيدروجيني. وعندما ينفد ذلك الوقود تصبح عملاقا أحمر متغيرا غير مستقر لمدة أسبوعين، ثم تنفق ثماني سنوات في التقاعد، تعيش فيها على احتياطاتها حتى تموت نهائيا. وبمقياسنا الزمني هذا فإن عمر الشمس الآن، وهو

نحو ٤٠ سنة، أي عند المنتصف من طورها الراهن «النشط»، وهو الوقت الذي وصل فيه الذكاء إلى الأرض فالحياة تبدأ عند الأربعين!

وتعد الشمس مثالا نموذجيا لنجوم كثيرة، وذلك هو السبب في أننا نستطيع أن نعطي تأكيدات واثقة هكذا عن مستقبل دورة حياتها. ومن المطمئن لنا أن نتبين أن الشمس لا يزال أمامها مستقبل صحي طويل المدى، وأن الأرض لن تتحول فجأة إلى فرن نجمي من ذاتها (أسطورة أخرى من أساطير هوليود تم تفنيدها على نحو مشكور).

وعلى أن بعض النجوم في السماء سيتغير شكلها بطريقة كارثية. وإذا حدث ذلك لنجم على مقربة منا فإن النتائج قد تكون خطيرة جدا. ورغم أن شمسنا ستشكل عملاقا أحمر ثم تتقلص إلى قزم أبيض، فهي لن تفعل ذلك إلا ببطء. ولو كانت الشمس أثقل بخمسين في المائة، لمرت في هذه الأطوار بسرعة أكبر كثيرا. بل إنها ربما تكون قد ماتت الآن بالفعل، إذ يصبح تقلصها غير محكوم، ويندفع انفجار ذري عبر الفضاء. والنتيجة النهائية لكارثة كهذه هي «نجم نيوترون»، أي نواة ذرية في حجم مدينة. ولو كان النجم عند بدايته أثقل حتى من ذلك، فإنه قد ينتهي كثقب أسود في الفضاء.

فلنحاول إذن أن نعرف المزيد عن نجم النيوترون، وانفجار السوبرنوفا الذي ينتجه.



# الفصل التاسع

# النجوم المتفجرة

في عـام ١٩٦٧ كـانت جـوسلين بـل طـالبـة فلك في كمبردج ، حيث كانـت تعمل تحت إشراف أنتوني هيويـش ، وهو وقتها أحـد علماء الفلك المبرزين المتخصصين في الموجات الـلاسلكية (الراديو) . وهكـذا فبدلا من رصد النجـوم بالوسـائل البصرية فإنهما كـانا يبحثان عن مصـادر الموجات اللاسلكية الآتية من الكون .

كـان التليسكوب الـلاسلكي يواصل يـوما بعـد يوم إمعـان النظر في الأجـزاء المختلفة مـن السماء في أعماق الفضاء . وكان العمـل روتينيا إلى حد كبير. وكـانت فكرتهما هي أن يقيسـا حجم المصادر ـ «الكـوازارات» ـ بأن يريا مقـدار وميضها . ونحن نألف فكرة أن النجوم تومض عندما يمر ضوءها خلال الجو، بينما لا تومض الكواكب القريبة بحجمها الزاوي الأكبر. وبالقياس بالتماثل ، فإن موجات الراديو المنبعثة من مصادر صغيرة نسبيا سوف تومض وهي تمر خلال الريح الشمسية بينما تلك التي تأتي من مصادر أكبر ستكون أقل اضطرابا .

وسجلت «بِلْ» ومضـات إشارات لاسلكي كثيرة إلى أن لاحظت ذات يـوم وميضا يبدو شاذا . كـان الوميض يبدو «رديئا» ، فقد كانت هـذه هي الطريقة التي وصفته بها لأنتـوني هيويش وهي تناقـش معه مايمكن أن تفعلـه بشأنه . واقترح هو أن تنصب الجهاز بحيث يستطيـع أن يسجل الوميض بسرعة أكبر ـ حتى تستبين إشارة الـلاسلكي وهي تخفق جيئة وذهابا . وعنـدما فعلت ذلك

اكتشفت أن هذه الرداءة قد تحللت إلى سلسلة من النبضات، تنبض بانتظام مرة كل ثانية أو نحو ذلك.

وظن الاثنان أنهما قد التقطا إشارة من إحدى أجهزة الإرشاد اللاسلكي، إلا أنه اتضح بعد إجراء تحريات تفصيلية أن هذه الإشارات ليست ناجمة عن مصدر أرضي. فما هذا الذي يحدث؟

وعلى سبيل الدعابة اقترح أعضاء القسم الذي يعملان فيه أن هذه الإشارات هي من رجال خضر صغار Little Green Men - LGM. والتقطت وسائل الإعلام هذا الاقتراح وروجته. وقال هيويش إنه إذا كانت الإشارات حقيقية فإنه من المستبعد أن يكونا قد وقعا على الإشارة الوحيدة في الكون كله، واقترح عليها أن تبحث عن المزيد من الإشارات. وسرعان ما ظهر مثلان آخران وأصبحت «النابضات» أمرا معترفا به رسميا.

لقد اكتشفا نوعا خاصا من النجوم تبث إشاراتها مثلما يفعل المنار، إذ يلف الضوء ليدور ويدور. وهكذا لا نرى الضوء اللامع إلا عندما يكون الشعاع متجها إلينا. ثم إنه يلف ليدور بعيدا عنا، فلا نرى شيئا منه حتى يتوجه إلينا ثانية.

كانت عمليات الملاحظة التي تقوم بها تنطلق في الأصل بالنجوم التي تبث موجات لاسلكي، وهكذا كان يتم التقاطها بالتليسكوب اللاسلكي. والآن أصبحنا نعرف النابضات التي تبث ضوءا مرئيا وتومض وتنطفىء نحو ثلاثين مرة في الثانية إذ يلف الشعاع ليدور ويدور. والنجوم المسؤولة عن ذلك نوع خاص من النجوم يتكون كلية من جسيمات تحت ذرية تسمى النيوترونات. وقد ظل وجودها أمرا مشتبها فيه طيلة ٣٠ سنة، ولكن أحدا لم يتوقع أن لها إشارة نابضة مثل ضوء المنار. ومن هنا كانت البلبلة الأولى عندما اكتشفت جوسلين بل أول إشارة.

ونجوم النيوترون هي الجمرات الخامدة من شموس أثقل وزنا، فهي

المنتج النهائي لانفجار كارثي دمر نجما ضخما. وينفجر الغلاف الخارجي للنجم في الفضاء، ليغطي في الثواني الأولى مسافة لا تصدق تصل إلى ٣٠ ألف ميل. ويمثل اللب المتبقي حزمة كثيفة من النيوترونات ــ أي كتلة تلك الشمس وقد انضغطت في كرة لا يزيد حجمها على مدينة نيويورك.

ونجوم النيوترون أجرام خلابة. فالانفجار الذي يولدها يمكن أن يضيء السماء. وهذا المشهد المتألق يسمى «سوبرنوفا» («نوفا» باللاتينية تعني «جديد»). والتوهج الصادر عن القزم الأبيض يسطع سطوعا فائقا Super bly، ومن هنا يسمى «سوبرنوفا»). والأمر يشبه أن تشاهد انفجارا ذريا هائلا عبر الفضاء. ولو حدث انفجار كهذا على مقربة منا فإنه سيعني نهاية الحياة على الأرض. وإذا لم يفنيا الإشعاع النووي في التو، فإن موجة الصدمة هي والحطام الذي يتبعها سوف يمزقان الغلاف الجوي للأرض.

وقد انفجر أحد السوبرنوفات في ٢٣ فبراير ١٩٨٧ في السحابة الماجلانية الكبيرة، وهي مجرة قريبة تابعة لمجرتنا، وتبعد ٢٠٠ ألف سنة ضوئية، وهي مسافة بعيدة بما يكفي لئلا يصيبنا ضرر، وهي قريبة في الوقت بما يكفي لإثارة علماء الفلك والفيزياء. وقد كان الانفجار مرئيا بالعين المجردة في النصف الجنوبي من الكرة الأرضية ــ وتلك أول مرة يحدث فيها ذلك منذ اختراع التليسكوب. ويكشف هذا عن مدى أهمية الأمر. وهكذا كان كل فرد يرقب الحدث عن كثب. وسنذكر فيما بعد المزيد عن هذا المشهد وما تعلمناه منه، لكن قبل ذلك فلنتساءل: ما الذي نعرفه حتى الآن؟

## الطريق إلى نجم النيوترون

هل حدث لك قط أن وجدت نفسك أسفل «كومة» من الأفراد، كأن تكون مثلا تحت كومة من لاعبي كرة الرجبي وقد سقطوا بعضهم فوق بعض،

وكلما تزايد الوزن المكـدس من فوقك، يصبح الضغط غير محتمل أكثر فأكثر. فكر كيف يكـون الحال عند قاعدة أحـد الجبال. إن ضغط الصخور القـابعة فوق الجبل، والمكـومة عاليـا لمسافـة أميال، يمكن أن تشكل ضغطا سـاحقا بالمعنى الحرفي للكلمة.

إن قمـة جبل إفرست تـرتفع ٥,٥ ميل فـوق سطح الأرض. لكن جزيـرة هاواي، إذا حسبناها من قاعدتها تحت الماء حتى القمة، يمكن اعتبارها أعلى جبل في العالم، حيث ارتفاعها يصل إلى ٦ أميال. ولا يمكن لجبل على الأرض أن يظل باقيـا إذا زاد ارتفاعه على ١٢ ميـلا. ذلك أن المادة التي عند القـاعدة سوف تنساب كالسائل بسبب ضغط الصخور عند القمة.

فـالجاذبية أداة سحق لا تـرحم. والتفاعـلات النـووية الحراريـة هي التي تقاوم قوة الجاذبيـة في النجوم، لكن حتى رغم ذلك فإن مركـز الشمس كثافته أكبر من كثافة الماء بمائة ضعف. وعنـدما ينفد الوقود النـووي، تعجز النجوم عن أن تحفظ نفسها ضد الجاذبية. وفي الحالات القصـوى، كما في حالة نجوم النيوترون، يمكن أن يكون وزن ملء كستبان من المادة هو مئات الأطنان.

والمادة وهي الكثافات القصوى تتخذ أشكالا غير مألوفة في الأرض.

إن هناك عناصر مختلفة كثيرة تدخل في بناء العالم من حولنا، لكنها كلها تشترك في شيء واحد. فالمادة التي صنعنا منها فيها فراغ إلى حد ملحوظ. ونحن نستطيع أن نضغط الطين في كـرات صغيرة باستخـدام قـوة اليدين. وحتى المعـادن يمكن كبسهـا تحت ضغط دق الخوازيق. والصخور في أسفل الجبـال قـد تصبح سائلـة بتأثير الضغط. وعلى المستوى الذري هناك مسافات فراغ أكبر من المادة! فالحجم الـذري لا تشغل المادة منــه سـوى أقل من جـزء من البليـون ـــ والمادة هنـا هي إلكترونات تدور من حول نواة من البروتونات والنيوترونات.

وحتى يصبح لدينا فكرة عن مدى الفراغ الموجود في الذرة، فنتخيل قطر ذرة الهيدروجين (إلكترون واحد يدور حول بروتون وحيد). وقد كبّرنا مقياسها إلى مايصل إلى طول مسار لحفرة ملعب الجولف يبلغ ٥٠٠ متر. وهذا أكبر مسار تجده ولاعب الجولف الماهر يستنفد ثلاث أو أربع رميات بارعة للوصول بالكرة من كومة الرمل* إلى الخضرة والهدف هو حفرة ضئيلة قطرها من ٢ ـ ٣سم على الأكثر تسمى الدبوس**. وحجم الدبوس بالمقارنة مع طول المسار الهائل هو كحجم النواة بالمقارنة إلى مدى اتساع الذرة. وكل المسافة من كومة الرمل إلى الخضرة ثم إلى الدبوس هي مثل مسافة الفراغ في الذرة. (وإذا كنت من متعصبي كرة البيسبول يمكنك أن تتخيل حبة بسلة في نقطة المركز عند الرامي).

إن عرض الذرة يبلغ نحو جزء من مائة مليون من السنتيمتر، وهو مقدار ضئيل على نحو لا يمكن تخيله. على أن النواة أصغر من ذلك ١٠٠ ألف مرة. وبينما تقوم القوة الكهربية والمغناطيسية بربط الإلكترونات بالذرة ربطا مخلخلا، فإن النواة تتماسك معا بفعل قوى شديدة يمتد مفعولها فحسب لجزء من مليون من المليون من الملليمتر. وعند هذه المسافات القصيرة تسود القوى النووية على كل شيء آخر ـــ فالجاذبية والقوة الكهرومغناطيسية تعدان من الأشياء التافهة عند مقارنتهما بها.

ويتحدد حجم الذرة بسحابة الإلكترونات خفيفة الوزن التي تدور في دوامة في مناطق الأطراف. وتتحكم هذه الإلكترونات في السلوك الكيميائي والخصائص الفيزيائية للمادة في كوكبنا. ونحن في ممارساتنا اليومية على دراية بالقوى الكهرومغناطيسية وبالإلكترونات، حاملات الكهرباء، أما القوى النووية فلا تؤثر فينا تأثيرا مباشرا (وإن كانت نواتج

* Tee كومة الرمل التي يبدأ لعب الجولف بوضع الكرة عليها (المترجم)
** Pin سارية علم تدل على حفرة صغيرة في مسار كرة الجولف (المترجم)

العـادم من النشاط الإشعـاعي تسبب مشـاكل سياسيـة هائلـة). وتحمل البروتونات الموجودة في الذرات المتعادلة كهـرباء موجبة توازن الإلكترونات ذات الشحنة السـالبة. ويمكننـا أن ننظر إلى البروتـونات على أنها تضمن تعـادل الذرات، أمـا النيوتـرونـات المتعادلـة فهي مطلـوبة لتجعل النـواة مستقرة. وتـوفر البروتـونات والنيوتـرونات معـا ٩٩,٩٥ في المائة من كتلة مادة الأجسام، مثل جسمي وجسمك.

وهكـذا فنحن مصنـوعون من ذرات، وكتلتنـا تتركـز في أقل من جـزء من البليون من حجم هـذه الذرات. ويمكن قـول ذلك بطريقـة أخرى، وهي أن كثافة المادة النووية أكثر بليون مرة من كثافة المادة المألوفة لنا في الأرض.

وبإمكاننا كبس الذرات لتصبح الواحـدة منها أقرب إلى الأخرى، ولكننا لا نستطيع أن نضغط ذرات منفـردة. فحجم الذرة ثـابت بالطبيعـة ويعتمد على ثوابت لا تتغير مثل شدة القوى الكهرومغناطيسية وكتلة الإلكترون.

على أن الجاذبية هـي أداة الضغط النهائيـة. وكلما أضفنا المزيد والمزيـد من المادة، فإن ضغط وزنها يصبح شـديدا جدا حتى لتتحطـم الذرات. ولا تظل الإلكترونات باقية بعد في مداراتها وإنما تزاح من مكانها. وبدلا من مادة تحوي ذرات مكونة من نوى تدور حولها الإلكترونـات كالكواكب، فإنه يصبح لدينا نـوى تقبع وسط غـاز كثيف متجانـس من إلكترونات تنـدفع محتشـدة في كل مكان. وهذا الشكل من المادة، أو البلازمـا، هو أكثر أشكال المادة انتشارا في الكون. أما نحن الذين على الأرض، بجمال الماسات والبللورات، وبالكيمياء والبيولوجيا، وبالحياة، فحالتنا هي الاستثناء. فالبلازما هي التي تسود.

هذا الغاز المكون من إلكترونات حرة هـو الذي يمكن أن يحدث هنا لو أننا ظللنا نضيف وزنـا إلى الأرض. فعندها لن تستطيع إلكترونـات الذرة أن تبقي

على وجود البنيات المنتظمة. وسوف تنهار الأرض لتصبح غازا كثيفا متجانسا من إلكترونات ونوى.

وكما عرفنا من الفصل الثاني، فإن هناك حطاما يهوي باستمرار إلى الأرض، مضيفا إلى كتلة الأرض. على أن هذه الإضافة هي من التفاعل بحيث إنه لا حاجة بنا للانزعاج منها. وسيتطلب الأمر أن تكون كتلتنا أكبر من كتلة المشتري بكثير حتى ينال التغير من حالة الأرض الصلبة.

وما أن تتمزق الذرات حتى تصبح عاجزة عن أن تقاوم الانسحاق. فإذا أضيف المزيد والمزيد من المادة فستكون النتيجة هي قزما أبيض. وهذا يعني نجما كتلته مثل كتلة الشمس ولكنه صغير مثل الأرض. ولن تكون هناك بروتونات حرة متاحة في غاز الإلكترونات والنوى الذرية حتى تندمج وتبقي على التفاعلات النووية الحرارية وبالتالي ينحشر وزن طن كامل في كل سنتيمتر مكعب (أي في أقل من ملء ملعقة شاي).

فماذا يحدث إذا ما ذهبنا إلى أبعد من ذلك؟ إن الحجم الذري ما أن يتمزق حتى يمكن ضغطه ١٠٠ بليون مرة. والضغط الذي تحشده الجاذبية لهذه المهمة هو أعظم مليون بليون مرة من أي شيء يمكن الوصول إليه في معمل على الأرض، وعلى ذلك فليس هناك مايدعو للخشية من أن نحدث في أنفسنا قارعة أرماجدون على يدي عالم مجنون يسحق المادة ويغير من طبيعة الأرض. ونحن لا نستطيع أيضا أن نغير النجوم ولا الكواكب.

إننا لا نستطيع ذلك، لكن الطبيعة تستطيع، بل وتفعل ذلك.

ففي الأقزام البيضاء تصل الكثافة إلى مليون مثل لكثافة الماء. وفي أول الأمر لم يفهم أحد كيف يمكن الإبقاء على كثافات متطرفة هكذا دون أن يتقلص النجم. ثم مع اكتشاف البنية الذرية والقواعد التي تحكم استقرار الذرات تم بالتالي تفسير استقرار الأقزام البيضاء.

إن الإلكترونـات تتحـرك ببطء نسبي في هـذا الغاز. وكلما زادت الكثـافـة زادت سرعة الإلكترونات. وسرعان ماتقترب سرعتها من سرعة الضوء ولا يعود علم الـريـاضيـات صالحا للتطبيـق. وبدلا من استخـدام قـوانين السرعـات المنخفضـة سيتعين علينا أن نتجـاوزها إلى قـوانين السرعـات العليا، أي عـالم النظريـة النسبية. ويتطلب ذلك عـدة تغييرات في الرياضيـات، وقد استنبط سبر أمانيان تشـاندريسخار، عام ١٩٣٠ النتـائج المترتبة على ذلك. وقد فعل ذلك في ظل مجموعة من الظروف غير العادية.

كان تشاندريسخار ـ ولم يكن عمره عندئذ يتعدى تسعة عشر عاما ـ يركب سفينـة في طريقـه من مدراس إلى إنجلترا حيث ينـوى إكمال دراساتـه. وحتى يقطع الوقت فإنـه أخذ يحسب: ما تأثير زيـادة الكثافة في قـزم أبيض. ووجد نتيجـة مذهلـة: فالأقـزام البيضـاء لا يمكن أن يكون لها وجـود لو أن كتلتهـا فاقت كتلة الشمس بما يزيد على ٤٠ في المائة.

إن تأثير النسبيـة يتمثل في إضعاف مقـاومة الإلكترونـات للشد الـداخلي للجـــاذبيـــة. وإذا أصبحت الكتلـــة كبيرة بما يكفي، أي أكبر من «حـــد تشـاندريسخـار» فإن الجاذبية هي التي تفـوز ويتقلص النجم؛ ولا يصبح في إمكان القزم الأبيض أن يبقى بعد.

وأعاد تشانـدريسخار فحص حساباتـه ولم يستطع أن يجد أي أخطاء. وتلا ذلك أنه أخذ يتساءل ماذا يحدث لنجم مرشح لأن يكون قزما أبيض، ولكن كتلته أكبر ممـا ينبغي، أي أن فيه شدا للـداخل بأكثر ممـا يسمح له بالبقاء. وفكر في أنه سـوف يتقلص ويصبح ثقبا أسود، أي نجما كثيفا قوة الجاذبية فيه شديدة جدا بحيث تجر للوراء أي شيء قبل أن يفر منها. حتى ولو كان ذلك هو الضوء.

وهكذا فعندما رست السفينة، كان تشاندريسخار يمتلك سرا من أسرار الكون لا يعرفه أي واحد آخر من الأحياء. وأخبر بذلك آرثر إدنجتون، أحد علماء الفيزياء المبرزين وقتها. ولم يصدق إدنجتون ذلك. ولم يصدقه أيضا آخرون من كبار العلماء. فمن يكون هذا الفتى ذو التسعة عشر عاما الذي يجري حساباته في رحلة سفينة ثم يعلن موت النجوم؟ إن الأمر كله يبعث على الضحك.

ولكن تشاندريسخار كان مصيبا، كما تبين الناس تدريجيا. وقد يكون من السهل الآن، من منطلق زمننا الحالي، أن ننتقد إدنجتون والآخرين، ولكن الدعوى كانت غريبة تماما عن التفكير السائد وقتها. أفتتحطم النجوم حقا. وبعد ذلك بسنوات عديدة تم الاعتراف بعبقرية تشاندريسخار، وفاز عن عمله هذا بجزء من جائزة نوبل في عام ١٩٨٣.

على أن تشاندريسخار لم يكن مصيبا في شيء واحد، هو اعتقاده بأن القزم الأبيض الزائد الوزن سوف يتقلص إلى ثقب أسود. ولم تكن هذه بمنزلة غلطة، ففي ذلك الوقت كان هذا هو الاستنتاج المنطقي، وربما كان هذا في جزء منه بمنزلة الحاجز النفسي الذي منع العلماء من تقبل نظريته مباشرة. فلم يكن يعرف وقتها أن هناك أي قوة يمكنها أن تمنع الإلكترونات والبروتونات التي في النجم عن أن تتقلص للداخل بتأثير الجاذبية. ففي عام ١٩٣١ كانت الإلكترونات والبروتونات هي الجسيمات الذرية الوحيدة المعروفة. ولم يكن أحد يعرف بعد أن هناك نيوترونا ـ النظير المتعادل كهربيا للبروتون ـ داخل نوى الذرات. إذ لم يكتشف النيوترون إلا عام ١٩٣٢ وقد وفر وجوده العنصر الحرج المفقود في حكاية النجوم.

بعد أن اكتشف إرنست رذورفورد، عام ١٩١١، وجود نواة الذرة والبروتونات ذات الشحنة الموجبة، اقترح إمكان وجود جسيم متعادل يتكون من إلكترون

سالب الشحنة قد تم امتصاصه في أحد البروتونات . بعدها قال أفراد كثيرون بوجود نوعين من الجسيمات النووية ـ البروتون الموجب الشحنة ونظيره المتعادل وهو النيوترون . وقد كادت إيرين ابنة ماري كوري أن تكتشف النيوترون مبكرا عام ١٩٣٢ ، ولكنها أخطأت تفسير نتائجها . وقام رذورفورد ، وكان وقتها أستاذا بجامعة كمبردج ، بحث زملائه على الانطلاق إلى بحث عن الأدلة التي من هذا النوع ، وعلى الفور أدرك نائبه جيمس شادويك أن إيرين كوري ربما كانت تنتج نيوترونات . وبدأ في التو يعمل في حمية وبعد عمل استمر طوال ليلة بكاملها استطاع أن ينتج النيوترونات ، وأن يحدد هويتها ويثبت وجودها . وانطلقت البرقيات معلنة الاكتشاف إلى المؤسسات العلمية البارزة في كل أنحاء العالم . وكان ليف لانداو العالم السوفييتي والنظري المبرز يزور كوبنهاجن وقتها ، وفي التو أخذ يدرس دلالات هذا الاكتشاف . وفي ذلك اليوم نفسه عقد ندوة أعلن فيها أن نجوم النيوترون ينبغي أن تكون موجودة .

وهنا كانت تكمن الوصلة المفقودة في نظرية تشاندريسخار . فعندما يعاني القزم الأبيض الزائد كارثة تقلص ، فإن إلكتروناته وبروتوناته ينتهك كل منها حدود الآخر حتى تصل إلى النقطة التي يندمجان فيها ليكونا نيوترونات ، فيتوقف التقلص . ويتخلف عن انفجار «السوبرنوفا» نجم نيوترون صغير .

وعلى ذلك فإن القزم الأبيض الأثقل قليلا من حد تشاندريسخار (أي أثقل من الشمس بأربعين في المائة) سوف يتقلص إلى نجم نيوترون ، عرضه لا يتجاوز عدة كيلومترات . أما إذا كان القزم الأبيض أقل ثقلا من ذلك ، كأن يكون مثلا في كتلة الشمس نفسها ، فإنه قد يبقى كقزم أبيض أو ينتهي إلى نجم نيوترون (وتحوله إلى أحد الحالين يعتمد على الاضطرابات الأخرى التي سيمر بها) . ويصل الحجم النمطي لنجم نيوترون كتلته كالشمس في النهاية إلى أن يكون قطره ١٢ ميلا ـ أي أن تكون كتلة الشمس محتواة في كرة حجمها مثل حجم أمستردام أو نيويورك . فإذا

ما زادت الكتلـة على ٤ ,٣ ضعف كتلة الشمس، فلن تستطيع حتى النيوتـرونات أن تمنع التقلص. ومـا لم يحدث حـائل من عـوامـل جـديـدة مجهـولـة، فإن نجم النيوترون «سوف» يتحول إلى ثقب أسود.

ولو كنت على سطح نجم نيوترون، فستكـون قوة الجاذبية أعظم بـ ١٠٠ بليون مـرة عنها في الأرض. وعلى حين تكـون الجاذبيـة على القمر أقل منهـا على الأرض بحيث يمكنك أن تقفـز لعلـو أكبر (يستطيـع أي فـرد وهـو على القمـر أن يحطم بسهولـة الرقم القياسي «العالمي» للقفـزا)، فإن الجاذبية على نجم النيوتـرون تكون شديدة جدا حتى ليبلغ وزن رأسك ما يبلغـه وزن مائة باخرة من عابرات المحيط. بل إن الجبـال هنـا لن تستطيع أن تقـاوم الشـد إلى أسفل: فحتى جبل إفـرست سيصبح علوه أقل من المتر. وستبرز قمته من خلال الجو الذي سيكون كل سمكه ٥سم. وسيكون تسلق الجبال مهمة تستنفد القوى، ذلك أن تسلق سنتيمتر واحد سوف يستنفد الطاقة المستهلكة خلال العمر كله.

هذا هو ما يزعمه علماء الفيزياء الفلكية، ولكن كيف يمكننا أن نتأكد من صحة ذلك؟

في الثلاثينيات من هذا القرن كانـت نجوم النيوترون مجرد فكرة لا أكثر. فما من أحد رأى واحدا منها، وكان معظم الناس يشكّون في أن أحدا سيراها قط، حتى لو فـرضنا أنها موجـودة! ولم يحدث شيء طيلة ٣٣ سنة تـالية، حتى حل اليوم الـذي لاحظت فيه جـوسلين بل نبضة منتظمة تأتي مـن نجم بعيد وكأن شيئا ما أو شخصا ما يرسل إشارة.

هاهي نجـوم النيوترون موجـودة. بقايا السوبـرنوفا، والدليل على جـائحة حلت فيما مضى، هاهي هناك. ونحن نستنتج من عددها ومن عمر المجرة أن هناك انفجار سوبرنوفا يحدث في مكـان ما بمعدل مرة كل ٢٠ سنة. فما فرص حدوث سوبرنوفا قريب منا بما يكفي لأن يعد خطرا يتهددنا؟

## السوبرنوفا

ترى ما الـذي كنت تفعله في الساعة السـابعة والنصف حسب توقيت جرينتش يوم ٢٣ فبراير ١٩٨٧؟ لقد كنـت ساعتها أتناول إفطاري، ودون أن أدري مـرت عصفة من جسيمات النيـوترينـو الآتي من الشمس؛ ولكن التفجر المفاجىء في صبـاح فبراير هذا كان أمرا مختلفا. لقـد كانت عصفة من نجم يموت، نجـم على بعد ١٧٠ ألف سنة ضـوئية في مجرة السحـابة الماجلانية الكبيرة.

لقد ظـل علماء الفيزياء الفلكيـة يؤمنـون لأكثر من ٢٥ سنـة بأن التقلص بالجاذبية الذي يعتقد أنه يصاحب السـوبرنوفا ونجم النيوترون أو تكوّن الثقب الأسود هو مصدر غني لجسيمات النيوتـرينو. والواقع أنهم ذهبوا إلى أن وميض الضوء الساطع ـ أي المظهر التقليدي للسوبـرنوفا ـ ليس سوى جزء صغير من العـرض الدرامي، لعلـه أقل من واحـد في المائة من كل الطـاقـة الناجمة. أمـا معظم الطـاقة التي يتـم إشعاعهـا من التقلص فتخـرج في شكل لا مرئي هـو جسيمات النيوترينو.

على أن هذه كانت «غير مرئية» في الماضي، لكن الحال اختلف الآن بعد أن بنينا تليسكوبات النيوترينو. والمثير في الأمر هو أننا اكتشفنا في هذه الحالة لأول مرة، جسيمات نيوترينـو تنبعث من خارج مجرتنا (فيما سبق رأينا فقط جسيمات النيوتـرينو المنبعثة من الشمس) لنثبـت بذلك صحة النظـرية، أي أنه عنـدما تتقلص النجوم فإنها تقذف طاقتها للخارج في شكل جسيمات نيوترينو.

ومازال المتطـرفون من العلماء يتأملـون في المعطيات، ويتعلمـون المزيد عن السوبرنوفا، وموت النجوم، بما يزيد على كل ماسبق. وتلك هي الذروة لقصة طويلة بدأت بفكرة أن السوبرنوفا هي آلام الولادة لنجوم النيوترون.

وأتت أول الإشارات لذلك مع اقتراح من و. بادوف. زوبكي، وهما فلكيان من ألمانيا وسويسرا عملا في مرصد مونت ويلسون بالولايات المتحدة عام ١٩٣٤ . وقد تبينا أن عملية التقلص إلى نجم نيوترون ستبعث قدرا ضخما من الطاقة. وهذا الإشعاع يبدو كوميض مفاجىء يظهر للرؤية في السماء مثل نجم جديد.

وبين حين وآخر تظهر بالفعل ومضات كهذه. ففي عام ١٠٠٦ «سطع نجم جديد له حجم غير معتاد»، وقد «بهر الأعين، وتألق وسبب توجسا هائلا»، وظل يسطع طيلة ثلاثة شهور حسب التقارير التي وردت من أوروبا الوسطى. وذلك هو المثل الوحيد الذي تم تسجيله خارج منطقة الشرق الأقصى قبل عصر النهضة. وبالتالي فلابد أنه كان ناصعا. وقد رآه الصينيون والعرب في ٣٠ أبريل ١٠٠٦ . فهل يمكن أن يكون ذلك مثلا من أمثلة «السوبرنوفا»؟

حتى نجيب عن ذلك علينا أن نعرف أولا ما هو مقدار الطاقة التي تنبعث عند حدوث السوبرنوفا؟

فأنت تبدأ بقزم أبيض، كتلته توازي كتلة الشمس في حيز يوازي حجم الأرض، ونصف قطره عدة آلاف من الأميال. وبعد التقلص تتركز الكتلة من داخل كرة لا يتعدى عرضها سبعة أميال. وتكون كل كتلة النجم قد تهاوت عبر مسافة تقرب من ألف ميل. إن الأجسام الهاوية لها قدر كبير من الطاقة (أسقط قطعة طوب على قدمك إذا أردت برهانا!). وعندما تهوي كأس زجاجية من فوق مائدة فإنه يمكن أن يتحطم في ضجة، وتتحول الطاقة التي في حركته (الطاقة الحركية) إلى طاقة أمواج صوتية. وعندما يهوي شهاب تجاه الأرض فإنه يمكن أن يحترق ساطعا مثل القمر لثوان عديدة إذ تتحول الطاقة إلى ضوء. والآن فلنتخيل نجما بأكمله يهوي للداخل عبر مئات الأميال تحت تأثير شد الجاذبية.

إن الطـاقة التـي تنبعث تكون هـائلـة . وقـد تعودنـا أن نسمع عن قنـابل هيدروجينيـة تقدر بالميجا طن (مـلايين الأطنان) . وتبلغ قوة قنبلـة الميجا طن سبعين ضعفا بـالمقارنـة بقوة القنبلة التـي ألقيت على هيروشيما . وتصل درجة الحرارة النـاتجة عن انفجـارهـا إلى ٥ آلاف درجـة ، أي أسخـن من سطح الشمس . وهذا عالم ينصهر فيه الآجر الحراري ، وتتبخر كرات الصلب . ذلك ما ينجم عن مليون واحد من الأطنان . أما الكتل في حالة تقلص النجوم فهي من فئة مختلفـة بالكليـة ـ فئة ميجـا طن لكل متر مكعب في حجم يبلغ حجم الأرض كلها . ويصـل حجم الطاقـة المنطلقة إلى مايـوازي حجم الطاقـة التي تبعثهـا شمسنـا في ١٠٠٠ بليون سنـة . وحيث إن الشمس يصل عمـرهـا في الـوقت الحاضر إلى مـايقـرب من ٥ بـلايين من السنين فحسب فإن الطـاقـة المنبعثة في انفجـار سوبرنـوفا يصبح أعظم بها يزيـد مائة مرة ممـا بعثته الشمس «منذ ماقبل بدء الأرض» . ويفعل السوبرنوفا ذلك كله في أيام معدودة!

هـاك علماء الفلك يرصـدون العـالم باستمـرار . وفجأة وفي فترة تمتـد أيامـا معدودة يرون نجما وقد أصبح أسطع عشرات البلايين من المرات . ولفترة وجيزة يستطيع هـذا النجم الوحيـد أن يصبح أكثر سطوعـا عن مجرة نجوم بـأسرها . وعندمـا يحدث سوبرنـوفا في مجرة بعيـدة فإنك تحدد أولا أي مجرة يسطع منها ؛ وسـوف يخبرك ذلك عن مـدى بعـده ، حيث إن مـدى بعـد معظم المجـرات معروف في حدود عامل واحد أو عاملين . ثم تقارن بعدها بين سطوعه وسطوع إحدى المجرات ، ومن ثم تستنبط الطاقة الكلية التي يبعث بها .

ويمكننا بسهولـة أن نوضح أن الطاقة الناتجة تتفق مع تقـديراتنا . والملمح الحاسم هو أن السوبرنوفا يمكن أن يكون أكثر نصوعا عن مجرة بأسرها لأسابيع معـدودة . ويحتـوي النمط النمـوذجي للمجـرة على ١٠٠ ــــ ١٠٠٠ بليـون شمس . وشمسنا نحن ظلت تحترق لما يقرب من ١٠٠٠ بليـون يوم . أي أن ما

ينتج عنها طوال حياتها يماثل الحصة اليومية الناتجة عن مجرة بأسرها. وهكذا فإذا كان السوبرنوفا ساطعا أكثر من مجرة بأكملها فإنه يباري الشمس في التاريخ كله.

ولعل أشهر ما تخلف عن سوبرنوفا هو سديم السرطان، الذي اعتبر «حجر رشيد» حياة النجوم وموتها. وقد انبثق هذا السديم سنة ٤٠٠٠ ق.م. وقذف الانفجار بإشعاع شديد ودفع بالغلاف الخارجي للنجم إلى قلب الفضاء. وانطلق عبر الفضاء، إشعاع يحوي أشعة إكس المميتة وأشعة جاما كما يحوي أيضا ضوءا مرئيا. وعلى بعد ٥ آلاف سنة ضوئية كان كوكب الأرض ينتظر، غير مدرك لموجة الضوء التي تقترب منه.

وفي وقت مبكر من صباح يوم ٤ يوليو ١٠٥٤ رأى الفلكيون الصينيون (الواقع أننا يمكن أن نسميهم «المنجمون» اليوم) نجما جديدا ساطعا يطلع في الشرق قبل الشمس مباشرة. وقد أسموه «النجم الضيف». وخلال الأيام القليلة التالية زاد سطوعه حتى أصبح أشد لمعانا من كل النجوم في السماء. وظل طيلة شهر شديد السطوع هكذا حتى أنه كان يلمع نهارا مثلما يلمع في الليل. كان هذا الضوء آتيا من السوبرنوفا. وقد أصبحت هذه الأشعة بعد سفر استمر خمسة آلاف سنة، أضعف من أن تسبب أي متاعب، لكن المشهد كان رغم ذلك مروعا. ثم أخذ الضوء يخبو تدريجيا وفي غضون ١٨ شهرا لم يعد بعد مرئيا.

ولا يقتصر الأمر على أن لدينا سجلات صينية لضوء السوبرنوفا المرئي، ولكن الأرض احتفظت أيضا بسجل لأشعة جاما.

ولو ذهبت إلى أماكن لم ينلها التغير فقد تجد السجلات القديمة مازالت باقية. وقارة القطب الجنوبي مثال فريد لذلك، حيث يستطيع العلماء، كلما

حفرنا عميقا في طبقات الثلج، فحص معدل سقوط الثلج كل سنة على مدى ألف عام.

إن المطر والثلج يجلبان الغبار من الطبقات العليا للجو. المطر يجرف التراب، والثلج يحفظه. وعندما تصطدم أشعة جاما بالغلاف الجوي للأرض، فإنها تدمج النيتروجين والأكسجين الموجودين ليصبحا أوكسيد نيتروز. وفي قارة القطب الجنوبي تبين طبقات الثلج التي تعود إلى مئات السنين الوجود المتزايد للنترات في السنوات التي تمت فيها رؤية سوبرنوفات. وهو ما يتلاءم مع النبض المفاجىء لأشعة جاما التي تصطدم بالغلاف الجوي للأرض.

أما بقايا حطام النجم، أي غلافه الخارجي، فتلا ذلك ببطء أكثر. فالضوء الساطع هو النذير بالصدمات التي ستأتي. وباستخدام التليسكوبات الحديثة يمكننا اليوم تمييز الحطام الآتي من سوبرنوفا السرطان. لقد انتقل بسرعة ٣٠ ألف ميل في الثواني الأولى. ومازال يقترب منا بعد مضي ٩٠٠ سنة، بمعدل سرعة يبلغ عدة أميال في كل ثانية، وهو أكبر الآن مما في الصور الضوئية التي التقطت عام ١٨٩٩ . ولكنه مازال على بعد يزيد على ٦ آلاف سنة ضوئية، وبهذا المعدل من سرعته في التقدم فإنه لن يصل إلينا قبل بليون سنة أخرى. ولا داعي لأن ينزعج أفراد سلالتنا وقتها، لأنه آنذاك ستكون قوته قد استنفدت تماما. والاحتمال الغالب هو أن الغبار وهو في طريقه سيقع في قبضة جاذبية نجوم أخرى أو هو سيكوّن نجوما جديدة إذ تثير موجة الصدمة الاضطراب في الغاز الواقع في الفضاء مابين النجوم.

وقد شوهد الضباب السديمي لأول مرة عام ١٧٣١ بوساطة عالم الفلك الإنجليزي جون بيفيز. وكان ذلك في برج الثور وإذا كان لديك تليسكوب فربما أمكنك أن ترى ذلك بنفسك. ويقع هذا البرج في الجزء نفسه من السماء الذي رأى فيه الصينيون عام ١٠٥٤ «النجم الضيف». وفي القرن التاسع عشر

كـان إيـرل روس الثـالث الإنجليـزي هـاوي الفلك هـو أول من تبين الـزوائد المشـابهة للسرطـان التي تبرز من الطـرف الجنـوبي للسـديم . وهـذه الإشـارة للمشابهة بأرجل وكلابات السرطان هي التي أعطت السديم اسمه الشائع .

ورغم أن السديم يبدو الآن معتما إلى حـد كبير في الضوء المرئي ، فإنه مازال يلمع ساطعا في الأشعة فوق البنفسجية ، وتحت الحمراء ، وأشعة إكس وبثات الـلاسلكي . والواقـع أنه يـوضع في المرتبـة نفسها مع أشـد مـا يسطع من كل الأجرام السماوية . فهو مازال يسطع بمثل سطوع ٣٠ ألف شمس بالتمام .

وهو الآن في شكل بيضة ، طولها ١٥ سنة ضوئية وعرضها ١٠ سنوات ضوئية . ونحن نعرف أنه يتمـدد بمعدل عدة أميال في كل ثانية ، وأنه يـزداد بطئا بتأثير شد جاذبيته هو نفسه . ولو أدرنا الساعة وراءً ، فلابد أنه كان في الماضي أصغر وأسخن كثيرا مما هو عليه الآن . وتدل الحسابات على أنه كان نقطة واحدة نحو سنة ١٠٠٠ ميلادية ، وهكذا يبدو حقا أنه بقايا سوبرنوفا من عام ١٠٥٤ .

وقـد ظهر دليل آخـر على صحـة نظريـة تطـور النجوم مع اكتشـاف نجم نيوترون في قلب سديم السرطان . وهو يبـدو بوضوح بصريا وهو يخفق ليلتمع وينطفىء ٣٠ مرة في كل ثانية . ولا يمكن أن يكون هناك أي شك في أن نجوم النيوترون هي بقايا من السوبرنـوفات . وفي حالة السرطان تتوافر كل العناصر: الرؤيـة البصرية للضـوء عام ١٠٥٤ ، وسجل أشعة جـاما مجمـدا في الثلوج ، والحطام الذي مازال يقترب منا ، بل وبقايا من نجم نيوترون .

وبعد سـوبرنوفـا السرطان في عام ١٠٥٤ حدث سـوبرنوفـا آخر كبير في ٧ أغسطس ١١٨١ . أما انفجارا السوبرنوفا التـاليان فكانا متقاربين جدا إذ وقعا عـامي ١٥٧٢ ، ١٦٠٤ . ووقتها كـان علم الفلك والتليسكوبـات مزدهـرين ومن ثم فقد حدثـا في الوقت المناسب وتم تسجيلهما جيدا . وقد لمع سوبـرنوفا

١٥٧٢ بسطـوع فينوس نفسـه (أي أسطع من كل شيء فيما عـدا القمر). أمـا سوبـرنوفا ١٦٠٤ فكان أعتم قليـلا، ولمع بدرجة سطوع المشتري، وهـو منظر مازال يعد جميلا. ومن وقتهـا لم يحدث شيء لما يقرب من ٤٠٠ عام حتى فبراير ١٩٨٧ عندما انفجر سوبرنوفا قابل للرؤية بالعين المجردة.

والحقيقـة أن هذا الحدث العنيف قـد وقع بـالفعل منذ ١٧٠ ألف سنـة في السحابة الماجلانية الكبيرة، تلك المجرة التـابعة لمجرتنا والتي يمكن رؤيتها في نصف الكرة الجنـوبي. وقد انطلقت من الحطام ومضة ضـوء أسطع من بليون شمس، ومـوجة متفجـرة من جسيمات النيوتـرينو. وانتقلت هـذه الجسيمات بسرعة ١٠ ملايين ميل في كل دقيقـة مندفعة في سباق خـارج مصدرها، لتترك المجرة متجهـة خارجها عبر الفضاء مـابين المجرات، حيث لقاؤها ــ كما حدّد عام ٨٧ ـ مازال بعيدا في المستقبل.

وكان يقبع أمـامها درب التبـانة الكبير، وفي داخله نجـم قليل الشأن، هو الشمس، تـدور من حولـه من الصخـر انتظمت الجزئيـات فوق سطحهـا في شكل حياة. وأكثر أشكال هذه الحياة تقدمـا هم البشر وكانوا وقتها قد تقدموا إلى العصر الحجري.

وواصلت قذيفـة الإشعاع انتقـالها قدما، بينما البشر على الأرض يتنـاسلون ويكتشفـون العلم. وفي الثـلاثينيـات من هـذا القـرن وصل البشر إلى تبين أن عمليات النشاط الإشعاعي تفرخ جسيمات نيوترينو، ولكن العلماء شكوا في أن أحدا سيمكنه قط أن يمسك بواحـد من هذه الجسيمات، ذلك أن التفاعلات مابين هذه الجسيمات والمادة هي تفاعلات ضعيفة جدا.

وفي غضـون ذلك واصلت الموجة الآتيـة من النجم المتقلص طـريقها في عنـاد لتقترب من الأرض من خلال السماوات الجنـوبية. وعنـد زمن يزيـد قليلا على ٣٠

سنة ضوئية قبل الموجة تمكن عالمان أمريكيان لأول مرة من أن يثبتا ببراعة أن جسيمات النيوترينو موجودة بأن أسرا بضعة منها كانت قد انبعثت من مفاعل نووي. حدث هذا عام ١٩٥٦، ومن وقتها أصبحت دراسة جسيمات النيوترينو من الأمور العادية، إلا أننا حتى الآن لا نعرف بعد إذا كان لها وزن أم لا.

كانت موجة الانفجار على بعد مايقرب من ١٥ سنة ضوئية عندما أخذ راي ديفيز في تشغيل كشافه للنيوترينو الشمسي في منجم داكوتا. ورغم أن الكشاف يعد مثاليا للإمساك بنسيم جسيمات النيوترينو الشمسية فإنه يكاد يكون أعمى بالنسبة لجسيمات النيوترينو الآتية من السوبرنوفا.

على أنه حدث منذ سنوات قليلة أن بدأ بعض الفيزيائيين في بناء جهاز تحت الأرض لم يكن له شأن بالسوبرنوفا ولا بجسيمات النيوترينو إلا أنه أصبح في النهاية مفيدا فائدة فائقة كتليسكوب للنيوترينو. كان هؤلاء الفيزيائيون يأملون في أن يجدوا دليلا على البروتونات المضمحلة ــ أي همسة الكون وهو يموت (هناك المزيد عن ذلك في الفصل الحادي عشر). ولالتقاط حدث نادر كهذا فإن من الضروري الاختباء بعيدا تحت الأرض حيث التربة من فوق الرؤوس تعمل كغطاء يحمي من قذائف الأشعة الكونية التي لا تنقطع، وحيث يستطيع النفاذ إلى قاع المناجم العميقة التي وضع فيها الجهاز إلا أقل القليل، ومع ذلك فإن جسيمات النيوترينو تستطيع النفاذ إلى هناك.

وهكذا شيد العلماء في هذه الكهوف حمامات سباحة ضخمة مملوءة بآلاف الأطنان من الماء. وإذا مر عدد كبير من جسيمات النيوترينو من خلالها ستكون هناك فرصة لأن يتفاعل جسيم أو جسيمان مع بعض الذرات في الماء فتكشف بذلك عن وجودها. وفي ٢٣ فبراير ١٩٨٧ كانت جسيمات النيوترينو القادمة من النجم المتفجر قد سافرت ١٧٠ ألف سنة، ومرت من خلال الأرض وواصلت طريقها إلى الفضاء. وبينما كانت تفعل ذلك، فإن حفنة منها تم أسرها في خزانات المياه.

وقد شـوهد هـذا السوبـرنوفـا وهو يلمع بمثل مـا تسطع به كل السحـابة الماجلانية، وهو أول سوبـرنوفا رئيسي منذ اختراع التليسكوب البصري. ولأول مرة في التـاريخ يكتشف البشر انفجار نجم في جسيمات نيـوترينـو. وقد أثبت هذا أن علماء الفيـزياء الفلكية كانـوا مصيبين طوال الوقت فيما يتعلق بطـريقة تقلص النجوم، وهو ما يضيف إلى ثقتنـا في أننا نفهم بتفصيل عظيم ما الذي يجري «هناك في الخارج».

لو أنك ذهبت إلى الصحراء القائظـة في ذروة الظهر خلال الصيف فسوف تشعر بلهيب الشمس الـلافح ـ وأنت على بعد ١٠٠ مليون ميل منهـا. وبعد ساعات قليلـة ستعاني من لفحة شمس شديـدة وتلك أول درجة من درجات التضرر من الإشعـاع نتيجة للتعرض لانفجـار نووي بعيـد. فلنتخيل الآن أن كل هذه القوة وقد تراكمت لدهـور ثم تنطلق نحوك فجأة في لحظة. لو حدث شيء من هـذا قـريبـا من الأرض، فسوف نفنـى بالكـامل. ولقـد كـان ذلك السوبـرنوفا قـريبا بما يكفي لأن يصبح شيئا نفيسـا بالنسبة للعلم، لكنـه كان بعيدا أيضا بما يكفي بحيث لا يشكّل خطرا يهددنا، وإن كنا لن نعرف قط أي مدنيـات أخرى ربما تكون قد دمـرت من خلال جيرته المبـاشرة منذ ١٧٠ ألف سنة مضت.

إننا نستطيع أن نظل باقين بعـد سوبرنوفا البليـون شمس إذا كان الانفجار بعيدا بما يزيد على ٥٠ سنة ضـوئية. وأقرب نجم للشمس يبعد بأربع سنوات ضـوئيـة، وإن كانت النجـوم تنفصل عن بعضهـا البعض في المتـوسط بسنـة ضوئيـة واحدة. وممـا يجعلنا ممتنين أنـه لا توجـد نجوم كثيرة من حـولنا داخل منطقـة الخطر. إذ لا يـوجد سـوى نجم واحد أو نجمين على الأكثـر من التي يحتمل أن تصبح سوبرنوفا في «المستقبل».

وتشير النظريـة الحالية إلى أن انفجارات السوبـرنوفا تحدث للنجـوم التي يفوق

حجمها كثيرا حجم الشمس. والنجوم التي من هذا النوع تكون ساطعة، ولا يمكننا أن نخطئها. ويمكنك أن ترى واحدا منها في معظم الليالي الصافية أينما كنت تعيش. فعلى الكتف اليسرى لبرج الجوزاء يوجد نجم منكب الجوزاء الأحمر الساطع. وهو يلمع كياقوتة ويعد بأن يشكل مشهدا رائعا عندما ينفجر، وهو بعيد عنا بـ ٦٥٠ سنة ضوئية ولن يسبب لنا أي مشكلة.

ونحن لا نعرف إن كانت هناك مدنيات أخرى قد مرت بالسوبرنوفا، أو تتعرض الآن لخطر السوبرنوفا. أما نحن فإننا فيما يبدو آمنون، هذا إذا كان فهمنا لعمل النجوم صحيحا.

## العدّ التنازلي

كان الانفجار الذي حدث يوم ٢٣ فبراير ١٩٨٧ قدرا محتوما، فهو تتابع للأحداث لا يمكن إيقافه وقد تمت برمجته منذ ملايين خلت من السنين. إن الهيدروجين هنا احترق إلى هليوم كما يحدث في شمسنا، ولكن لأن الكتلة هنا عشرة أمثال كتلة الشمس، لذا فإن قلب النجم زادت حرارته إلى ١٥٠ مليون درجة، وهي نقطة تتحد عندها نوى الهليوم بتكون كربون، ونيون وسيليكون. وتستطيع شمسنا أن تظل تحترق لخمسة بلايين سنة أخرى ولكن بداية تكون العناصر الثقيلة في النجوم ذات الكتلة الأكبر تعني أنه وصل إلى تلك المرحلة التي لا يكون باقيا على موته فيها أكثر من سنة.

وتصل حرارة المركز إلى درجة مذهلة هي بليونا درجة في الوقت الذي تنعصر فيه نويات السليكون معا مكونة الحديد، حتى تصبح الحرارة إلى ما يماثل حرارة ألف من شموسنا وقد تكثفت في نجم واحد.

ونواة الحديد هي أشد كل النوى الذرية إحكاما، ولا يمكن لنواة الحديد أن تندمج تلقائيا إلى عناصر أثقل لأن هذا سيستهلك طاقة بدلا من أن يطلق

طاقة، وهكذا فإن حرارة الاندماج تنطفىء في المركز الحديدي عندئذ يكون قد تبقى للنجم ما يقل عن ثلاثة أيام. ولو كنا نستطيع أن ننظر داخل ذلك النجم البعيد عام ١٩٨٧ لرأينا بداية تشكل المركز أو القلب الحديدي يوم ٢٠ فبراير. وسرعان ما يستهلك اندماج السيليكون ذخيرة الوقود حتى يصبح للحديد كتلة تزيد ٥٠ في المائة على كتلة الحديد في شمسنا. ويتشكل النجم مثل غلاف بصلة لها قلب مركزي كثيف من الحديد تحيط به طبقات محترقة من السليكون، والأكسجين، والنيون ثم الكربون، وأخيرا الهليوم والهيدروجين. ولا يعود النجم ينتج طاقة تكفي للإبقاء على وزنه الهائل فيبدأ في التقلص تحت تأثير جاذبيته، ولا يتبقى له إلا أقل من خُمس ثانية يعيش فيها.

ويحدث الكثير في هذه اللحظة الوجيزة إذ يبدأ الانفجار الداخلي، فيتقلص القلب بسرعة تصل إلى ربع سرعة الضوء وينكمش من قطر هو نحو نصف الأرض ليصبح ستة أميال ليس غير. وتتحطم مادته مبعثرة إلى مكوناتها الأساسية ـ أي إلى بروتونات، ونيوترونات وإلكترونات ـ وتصبح أكثف من نواة الذرة العادية بثلاث إلى خمس مرات. وهي حالة غير مستقرة على الإطلاق. وهكذا يرتد القلب الداخلي ليتمدد ثانية، فيزداد حجمه إلى مثلين أو ثلاثة أمثال، مرسلا بذلك موجة صدمية سرعتها تزيد على ١٠ آلاف ميل في الثانية تسري في الطبقات الخارجية التي مازالت تندفع للداخل. وموجة الصدمة هذه لها طاقة تزيد عما تطلقه مجرة بأسرها خلال عام كامل.

ويغير الانفجار بعض النوى التي في الأطراف الخارجية لتتحول إلى أشكال ثقيلة، تقفز فوق حاجز الحديد لتنتج عناصر ثقيلة مثل الرصاص واليورانيوم، وبعض الأنديوم أيضا. ويقذف الانفجار بها في أعماق الفضاء، ملوثا الكون بمزيج من عناصر لعلها ستكون بذورا لأشكال حياة المستقبل. فبذور ذراتنا قد تشكلت في انفجارات كهذه منذ ما يزيد على ٥ بلايين سنة.

وقد حدث هذا كله فيما يقل عن ثانية واحدة. وفي الثواني الأربع التالية يطلق القلب الداخلي تفجرا من جسيمات النيوترينو - هي تلك التي تم الكشف عنها هنا يوم ٢٣ فبراير ١٩٨٧ - إذ تتحول كل مادته النووية إلى نيوترونات، وهي في واقع الأمر نواة ذرية هائلة تحوي $١٠^{٥٧}$ من النيوترونات.

وأثناء ذلك تواصل موجة الصدمة ترحالها إلى الخارج وتغادر الغلاف الخارجي بعد نحو ساعة. عندئذ تنطلق طاقة الصدمة، التي كانت متوارية قبل ذلك عن الأنظار بما يحيط بها في الخارج من مادة معتمة، في هيئة ضوء، يكون في البداية «فوق بنفسجي» ثم يصبح تلك الومضة الكاملة من الضوء المرئي التي أصبحت تاريخيا العلامة المشهورة لنجم السوبرنوفا.

وهذه الومضة قابلة للرؤية الآن في السماوات الجنوبية، وقد مثلت ذلك المشهد الذي كان أيان شلتون - وهو عالم فلك كندي كان يعمل في مرصد يرتفع عاليا في الأنديز - أول من صوره فوتوغرافيا، وبالتالي فقد نسب إليه الفضل في هذا الكشف. أما ما هو جديد هذه المرة فهو أننا نستطيع أن نرى بنوع آخر من العيون: فقد أسرت كشافات تحت الأرض بعض جسيمات النيوترينو الناجمة عن هذا التقلص.

ورغم أن علماء الفيزياء الفلكية يتفقون على هذا السيناريو العام عن التقلص، فمازال هناك جدل كثير حول الآلية التفصيلية لقذف المناطق الخارجية من النجم. وتحد هذه النقاط غير المحسومة نظريا من كم المعلومات التي يمكن أن نستنبطها عن جسيمات النيوترينو الآتية من السوبرنوفا. لقد تدفقت هذه الجسيمات خلال الكشافات على مدى يقل عن ١٠ ثوان، وفي أول الأمر قال عديد من العلماء إن هذا يدل على أن النيوترينو له كتلة بالغة الصغر ولكنها ليست صفرا: فالانتشار في ١٠ ثوان بعد ١٧٠ ألف سنة من الترحال يحد من سرعة جسيمات النيوترينو النسبية وبالتالي يحد من كتلتها «إذا»

افترضنا أنها تنبعث فوريا على المنظّرين من العلماء أصبحوا أقل تأكدا الآن بهذا الشأن. فهذا الانتشار في عشر ثوان قد يكون ناجما عن «فترة استمرار» فعلية لعملية بث جسيمات، وفي هذه الحالة فإن كل جسيمات النيوترينو تصل هنا بسرعة الضوء، وهذا لا يكون ممكنا إلا إذا كانت هذه الجسيمات بلا كتلة. وعلى الطرف الآخر يمكننا تصور سيناريوهات هي مما يجوز وإن كانت تبدو غير محتملة، حيث تخرج أولا جسيمات نيوترينو بطيئة ثم تخرج الجسيمات السريعة فيما بعد، وبالتدريج تلحق الجسيمات السريعة بالبطيئة أثناء رحلة الـ ١٧٠ ألف عاما.

لقد كُتب عدد من الأبحاث حول الموضوع يفوق عدد ما وصلنا من جسيمات النيوترينو! والاختلاف الرئيسي فيما بينها هو في الفرضيات المتعلقة بتفاصيل إنتاج النيوترينو في السوبرنوفا. ويتمثل الاستنتاج الأكثر شيوعا في أن النيوترينو (من النوع الإلكتروني) له كتلة أقل من أقصى كتلة يمكن قياسها حاليا في التجارب المعملية (والتي تتضمن الاضمحلال الإشعاعي للتريتيوم والدراسة غير المباشرة للنيوترينو الذي ينبثق ضمنا في هذه العملية).

ومن ثم فإن السؤال الرئيسي الذي يظل موضع المناقشة هو: ما تفاصيل تقلص النجوم التي تنتج هذه الحشود من جسيمات النيوترينو.

عندما ينكمش نجم كهذا فإن مايقرب من $١٠^{٥٧}$ بروتون موجب الشحنة تندمج مع الإلكترونات ذات الشحنة السالبة، محيدة شحنتها الكهربائية فتتكون نيوترونات، وهذه الأخيرة لها كتلة ثقيلة وتظل باقية لتكوّن نجم النيوترون وجسيمات النيوترينو التي تنطلق بعيدا. ويحدث هذا كله في أقل من مللي من الثانية (واحد على ١٠٠٠ من الثانية)، أي يحدث في الواقع في التو. وذلك بكل تأكيد حدث درامي ومفاجىء، ولكن جسيمات النيوترينو هذه تحمل بعيدا أقل من ١٠ في المائة من الطاقة. ويأتي الباقي من عمليات تحدث في ظروف الحرارة

العالية، مثل التقـاء الإلكترونات مع نظائرها من ضديـد المادة ليصيبها الفناء، والضديد هنـا هو «البوزيترونات» (وهي تماثل الإلكترونـات في كل شيء سوى أن لها شحنـة كهربـائية مـوجبة بـدلا من السـالبة. وهـذا الفناء ينتج عنـه بث جسيمات نيوترينو وضـديد جسيمات النيوترينو (ضديـد المادة المناظر لجسيمات النيوتـرينو). ويقع أكثر من نصف بثـآت النيوترينو وضـديد النيوتـرينو في أول ثـانية ويخرج البـاقي على مدى عشرات الثـواني التاليـة إذ يبرد النجم النيوتـروني الوليد ليصبح النجم النيوتروني البارد المألوف أو «النابض».

والكشـافـات التي على الأرض حسـاسـة لـوصـول جسيمات «ضـديـد» النيوترينو، ولكنهـا تكاد تكون عمياء بالنسبة لجسيمات النيـوترينو. وحيث إن انفجار الجزء من الألف من الثانية ينتج عنه فحسب جسيمات نيوترينو التي لا تُرى على الأرض، لذا فنحن نمسك فحسب جسيمات ضديـد النيوترينو التي تنبثق أثنـاء «العشرات» التاليـة من الثواني. وهنـا يكمن السبب، جزئيـا، في صعوبـة معرفة الكثير عن كتل (ضديـد) النيوترينو من المدى الـزمني لأوقات وصولها ــ فهذا المدى الـزمني يمكن أن يخبرنا عن الأوقـات النسبية لإنتـاجها أكثر مما يخبرنا عن انطلاقها.

وهنـاك أيضـا بعض الألغـاز، لم تحل بالكـامل حتى الآن، تتعلق بـواقعـة أن كشافا صغيرا (من ٩٠ طنا فقط) تحت جبل مونت بـلانك قد استجاب للانفجار على نحو يختلف عن استجـابة كشافين أكبر مـن ١٠٠٠ طن في اليابان والـولايات المتحدة. وقد صُمم كشاف مونت بلانك للكشف عن جسيمات ضديد النيوترينو الناجمة عن التقلصات في مجرتنا، وليس تلك القـادمة من المصادر الأكثر بُعدا مثل السحابة الماجـلانية الكبيرة. أما الكشافـان الأضخم في اليابان والـولايات المتحدة فقـد صمما لفيـزيـاء مختلفة تمامـا، إذ صمما للبحث عن عـلامـات لاضمحـلال البروتونـات، لكن ملاءمتها لفلكيات النيـوترينـو القادم من خارج مجرتنـا ترتبت عليه في النهاية فوائد أتت بالمصادفة.

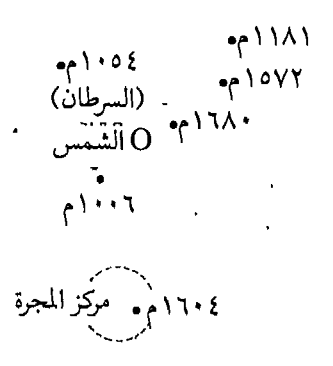
إن هذا الاكتشاف يثبت أن نظرياتنا عن النجوم نظريات صائبة ـ فالنجوم يمكن أن تتقلص وهي بالفعل تتقلص وتتحول إلى نجوم نيوترون. وفيما مضى كان هذا مجرد تخمين تشير إليه قرائن، ولكن أسر جسيمات النيوترينو المنبعثة من الانفجار كان شاهدا على أننا أمسكنا بتلابيب الطبيعة وهي تفعل فعلتها.

وثمة الكثير مما يثير بصدد الاحتمالات المستقبلية لفلكيات النيوترينو، فالسوبرنوفا الذي نتحدث عنه وقع في مجرة أخرى، أبعد على الأقل بست مرات عن أي جرم في مجرتنا، ومن ثم فلو حدث سوبرنوفا في مجرتنا نحن فستتمكن في المستقبل من أن نكشف بسهولة عن موجة تفجر النيوترينو.

والواقع أن السوبرنوفات ليست جد نادرة. فعلماء الفلك يكتشفونها بانتظام في المجرات البعيدة. وفي مجرتنا يحدث سوبرنوفا في المتوسط مرة كل ٢٠ سنة أو مايقرب من ذلك. والمجرة حيز هائل الاتساع، ونحن مرغمون على أن ننظر عبره، بدلا من أن ننظر لداخله من الخارج حيث يكون المشهد أوضح. والاحتمال الغالب هو أن يكون السوبرنوفا محجوبا عن النظر بسبب الغبار والنجوم الأخرى، أو أن يكون أبعد من أن يرى بالعين المجردة. ولا يحدث سوبرنوفا وهو مرئي بالكامل إلا من آن إلى آخر فحسب. ويبدو الأمر كما لو أننا وسط حقل ألغام كوني حيث تنطلق الانفجارات من حولنا في كل مكان، ولكنها مشكورة، ليست جد قريبة منا حتى الآن.

ويبين شكل (٩ ــ ١) مواقع تلك السوبرنوفات، التي أمكن رؤيتها في مجرتنا في الألف سنة الأخيرة، وقد مر زمن طويل منذ وقع آخر سوبرنوفا مرئي. على أن المجرة شبه شفافة لجسيمات النيوترينو، وهكذا فإن تفجرات النيوترينو من السوبرنوفات «المحلية» ينبغي أن تصل إلينا حتى إذا لم يصلنا منها أي ضوء. وسيمكننا الآن أن نرى جسيمات النيوترينو هذه ـ ورصد جسيمات النيوترينو الآتية من السحابة الماجلانية الكبيرة يثبت أنه يمكننا أن نفعل

ذلك. وكل ما علينا هو أن ننتظر، ولما كان مصدر أي إشارة من مجرتنا سيكون أقرب كثيرا من السحابة الماجلانية الكبيرة، فلابد أن تكون أكبر كثيرا. والمغزى المتضمن في ذلك هـو أنـه إذا تقلص نجم في «أي مكـان» في مجرتنـا فـإننـا، وبصرف النظر عن رؤية ضيـاء السـوبرنـوفـا، نستطيع أن نرصـده بـوساطـة جسيماته من النيوترينو.




شكل (٩ ـ ١) السـوبرنوفات في درب التبانـة موقع السوبـرنوفات في مجرتنا بالنسبة للشمس، والأذرع اللولبيـة ومركز المجرة. ومن الجائز أنه قد حدث ماهو أكثر كثيرا من هذه، ولكنها كانت محجوبة عن الرؤية

ونحن نتوقع ثلاثة أو أربعة أحداث من هـذا النوع خلال مدى حياة الفرد العـادي. ومع شيء من الحظ سيكون لـدينـا أول سـوبرنـوفـا مع نهاية القـرن وعندها سـوف نتعلم بالتفصيل ماذا يحدث عندمـا تتقلص النجوم. وفي نشأة السوبرنوفا الجديد باهتمام.

وفضلا عـن ذلك فسيمكننا الآن أن نـرى ما إذا كانـت نظريتنا عـن نجوم النيوترون صحيحة. إذ إنه عندما تندفع موجة الصدمة خارجة إلى الفضاء فإن النجم يصبح رقيقا ويكشف عن نجم النيوترون الـذي نعتقد أنه قد تشكل في

المركز. ومن الجائز عندما يتركز قدر كاف من المادة هناك فإن النجم يتقلص لأبعد من ذلك ليصبح ثقبا أسود. وسوف نعرف الإجابة خلال سنوات معدودة، وكل ما علينا أن نفعله هو أن نتذرع بالصبر.

## هل قتل السوبرنوفا الديناصورات؟

في حدود المعرفة المتوافرة حاليا لا يبدو أن هناك أية نجوم مرشحة لانفجارات سوبرنوفا في المستقبل من بين جيراننا المباشرين، وربما يرجع السبب في ذلك إلى أن كل المرشحين الملائمين قد انفجروا من قبل. وثمة بعض الدلائل على أن وقوع سوبرنوفا منذ خمسة بلايين سنة خلت قد أدى إلى تشكيل المنظومة الشمسية. فهل أدى انفجار أحدث عهدا إلى قتل الديناصورات؟

نحن نعرف كيف يتم «طبخ» العناصر في النجوم، وبالتالي يمكننا أن نحسب كمية الإيريديوم التي يُقذف بها في الانفجار المتوسط للسوبرنوفا. وفي الفصل الخامس عرفنا كيف قام لويز ألفاريز بقياس كمية الإيريديوم في الطبقة الإيطالية الفاصلة بين الطبقات الجيولوجية للعصر الطباشيري والعصر الثلاثي. ومن هذا يمكن للمرء أن يستنبط الكمية التي تم ترسيبها في العالم بأسره. وهي بالغة الضخامة بحيث إنها لو كانت قد أتت من سوبرنوفا بعيد فلابد أن هذا النجم كان قريبا جدا. ببعد يبلغ حده الأقصى سنة ضوئية (أقرب نجم معروف من أي نوع في الوقت الحاضر يبعد عنا ٤ سنوات ضوئية).

واحتمال أن يحدث انفجار سوبرنوفا على هذه الدرجة من القرب حتى خلال ١٠٠ مليون سنة هو احتمال لا يتجاوز واحدا من بليون. وباحتمال ضئيل هكذا فإن وقوع سوبرنوفا قريب يصبح حدثا مستبعدا. وهو إما قد وقع أو لم يقع. وهناك اختبارات تجريبية يمكن القيام بها وتثبت أن هذا الحدث لم يقع.

والحيلة المستخدمة هنا هي أن نستفيد من حقيقة أن الذرات في عنصر

معين ليست كلهـا متشابهة . فـالذرات وإن كانـت متعادلـة كهربـائيا إلا أنها تحوي كهرباء داخلها . فالإلكترونات ذات الشحنة السالبة تدور من حول نواة مدمـوجة ذات شحنـة موجبـة وتحوي بروتـونات مـوجبة الشحنـة . والبروتون الواحـد فيه كمية من الشحنة الموجبـة تماثل كمية الشحنة السالبـة الموجودة في إلكترون واحـد . وهكذا فإن الـذرات المتعادلـة تحوي عددا من الإلكترونـات يماثل عدد البروتـونات ، وهـذا العدد هـو مايحدد الخواص الكيميـائية ويحدد هويـة العنصر. وهكذا فإن الهيدروجين ، وهو أبسط العنـاصر، يحوي إلكترونا واحـدا وبـروتـونـا واحـدا . ويحتـوي الهليـوم ، وهـو ثـاني أبسط عنصر، على إلكترونين ، بينما يحتوي اليورانيوم على ٩٢ إلكترونا .

والنواة التي تحتوي على عـدد كبير من البروتونات موجبـة الشحنة هي نواة غير مستقرة إلى حـد كبير: «فالشحنـات المتماثلة تتنـافر» . والنـوى تظل بـاقية بسبب وجـود عــامل استقـرار، هـو الجسيمات المتعـادلـة كهــربـائيـا المسماة بـالنيوتـرونـات . فالنـوى الـذرية تحوي بـروتـونـات ونيوتـرونـات . وإضافـة النيوتـرونات إلى النـواة تغير كتلتها ولكنهـا لا تغير هويتهـا الكيميائيـة . فعلى سبيل المثال : يو ـ ٢٣٥ ، ويـو ـ ٢٣٨ هما «نظيران» من اليورانيوم ، وكل منهما يحوي ٩٢ بروتـونا ـــ وهو مـايحدد هوية اليـورانيوم ـــ ولكن كلا منهما لـه عدد مختلف من النيوترونات داخل نواته . فـ «نيو ـ ٢٣٥» يحوي ١٤٣ نيوترونا (بما يجعل إجمالي عدد النيوترونات والبروتونات ٢٣٥) ، بينما يو ـ ٢٣٨ يحوي ١٤٦ نيوترونا ، وبالتالي يكون إجمالي عدد النيوترونات والبروتونات هو ٢٣٨ .

وعندمـا تطبخ العناصر في النجوم يتم دمج النيـوترونات والبروتونـات معا لتشكل البذور النـووية للـذرات . وينتج النجم الواحد نظـائر عديـدة مختلفة لأي عنصر بعينـــه ، ويختلف الخليط الفعلي حسب الظـــروف داخل النجم . ونجوم النيـوترون ، كما يبين اسمها ، تـوفر قدرا وافـرا من النيوتـرونات وتشكل بسهولـة نظائر عنـاصر ثقيلة غنيـة بالنيـوترونـات . ومن الناحية الأخـرى فإن

النجـوم التي بلغت درجـة كبيرة من التطـور تنـزع إلى أن تـوفـر عـددا أقل من النيوترونـات وبالتالي فإن خليط النظائر يكون مختلفـا . ويمكن لعلماء الفيزياء الفلكية أن يتنبأوا بنوع العنـاصر التي ستتوافر، ونوع خليط النظـائر الذي ينتج عن الأنواع المختلفة من النجوم، وخاصة في السوبرنوفا .

إن انفجار السوبرنوفا يطلق الإيريديوم والبلوتونيوم أيضا . وهناك قدر وافر من الإيريـديوم في طبقـات الطَفْل الفاصلة، كما وجـد ألفاريـز، ولكن لا أثر هناك للبلوتونيوم على الإطلاق . وتلك كـانت أول إشارة إلى أن السوبرنوفا ليس هو السبب .

ولـلإيريـديوم نظيران مستقـران، هما إيريـديوم ١٩١ وإيـريديـوم ١٩٣ . والسـوبرنـوفات المختلفـة تنتج هذين النظيرين بكميـات تختلف نسبيا . وقـد تشكلت المنظومـة الشمسية من سحـابة غـاز أولية كـانت تستمد وقـودها من انفجـارات سوبـرنـوفا لا عـدد لها وانتهى الخليط النهـائي إلى وجود كميـة من النظير ١٩٣ توازي تقريبا مثلين لكمية النظير ١٩١ .

وقد اكتشف ألفـاريز أن كمية الإيريـديوم تزيـد زيادة عظيمة عند مقـارنة الطبقة الفـاصلة بطبقات الصخور الأخـرى (الفصل الخامس) . إلا أن النسبة بين النظيرين هي نفسهـا في الاثنين . والسوبـرنـوفا الحديث يمكن أن يقـذف بنظيري الإيريـديوم حسب النسبـة الخاصة به هـو نفسه، والتي يستبعـد تماما احتمال تطـابقها مع النسبـة الخاصـة التي تحتوي عليهـا المنظـومة الشمسيـة . فـالخلطة بنسبـة اثنين إلى واحـد هي بمنـزلة البصمـة الخاصـة للمادة التي من المنظومة الشمسية .

ومن ثم فرغم أنه مازال الجدل قائما حول ما إذا كان سبب الكارثة أرضيا أو من خـارج الأرض فـإن هنـاك بعض أشيـاء يمكننـا أن نكـون واثقين منهـا . فالكارثة لم تنجـم عن الاصطدام بأحد النجوم القريبة أثنـاء مرورنا خلال أذرع المجرة اللولبية، كما أنها لم تنجم عن سوبرنوفا .

# الفصل العاشر

# كون من المجرات

## ما المسافة إلى منكب الجوزاء؟

فوق كتلة صغيرة من الصخر* تدور حول نجم غير مهم، حدثت تجمعات من الجزيئات التي انتظمت بطريقة عضوية بحيث أصبحت أفرادا أو كيانات ذات وعي. وعى هؤلاء الأفراد الفجوة الرهيبة التي تفصلهم عن أقرب نجم، وعن الكوكبات، والمجرات البعيدة. وهم إذ يمعنون النظر من تحت غطاء من الهواء فإنهم يتمكنون من قياس مسافة بُعد هؤلاء الرفاق الشركاء في الملهاة النهائية. والواقع أن تمكن البشر من تحديد مكونات هذه الأضواء البعيدة يعد واحدا من أعظم إنجازات الحضارة البشرية.

لقد عرف قدماء الإغريق درب التبانة، ولكنهم لم يعرفوا ممَ يتكون. ولم يتكشف ذلك إلا في القرن السابع عشر عندما حول جاليليو تليسكوبه نحو درب التبانة، الذي كشف عن نفسه كملايين من النجوم والبقع المضيئة أو «السُدُم». وتبدو السدم عند النظرة الأولى مشابهة للمذنبات، وبلغت هذه المشابهة حدا ظن أناس كثيرون معه أنهم رأوا مذنب هالي عام ١٩٨٦، على حين أنهم كانوا يحدقون في الحقيقة في سُدُم مجاورة. وفي عام ١٧٧١ وضع شارل ميسييه قائمة بما يزيد على ١٠٠ سديم وذلك حتى لا

* يقصد المؤلف كوكب الأرض.

يتشوش بها صائدو المذنبات. وقد سميت تلك السدم على اسمه، بقائمة من حروف م : M (أي اختصار ميسييه)، ورصت الحروف في كتالوجه مقرونة برقم م١ (سديم السرطان)، م٢، م٣، وهكذا دواليك مثل تسمية الطرق الرئيسية في بريطانيا*.

## ولكن ما السُدُم؟

كان معظم الناس في ذلك الوقت يعتقدون أن السدم عبارة عن غاز وغبار في جيرتنا. إلا أن الفيلسوف إيمانويل كانط فكر في الأمر تفكيرا مختلفا. فقد افترض أن بعض السدم موجودة في درب التبانة، ولكن هناك سدما أخرى، مثل السدم الجميلة اللولبية، هي تجمعات بعيدة من نجوم تماثل نجومنا نحن. ولم يهتم أحد كثيرا بذلك كما لم تكن هناك وسيلة وقتها لاختبار فكرة كانط هذه. وقد تأتى أول مفتاح للكشف عن الكون مع اختراع منظار الطيف. وهو منظار يقسم الضوء إلى ألوان، مثله مثل المنشور، ولكن بدقة بالغة بحيث إن طيف الشمس مثلا يُرى وقد تشابكت معه مئات من الخطوط السوداء. وكان العلماء قد اكتشفوا في معاملهم أن كل عنصر عند تسخينه يترك وراءه أثرا من الضوء، يحلله منظار الطيف مثلما يقرأ المحقق بصمة الأصبع. وبمقارنة الطيف الناتج في المعمل مع ذلك الآتي من الشمس تكشف أن الشمس تشتمل على هيدروجين، وحديد، وصوديوم، وعناصر أخرى. وفجأة أصبح حلم العصور حقيقة: إننا نستطيع أن نعرف ممَ تتكون النجوم؟

كان وليم هجنز كيماويا ثريا من لندن، كما كان عالم فلك مدققا، وقد حلل ضوء نجوم كثيرة في منتصف القرن التاسع عشر ثم أخذ يعمل على

---

* حيث يسمى الطريق أو Motor Way بحرف M مقرونا برقم مميز $M_1$ ، $M_2$ ، $M_3$ وهكذا.

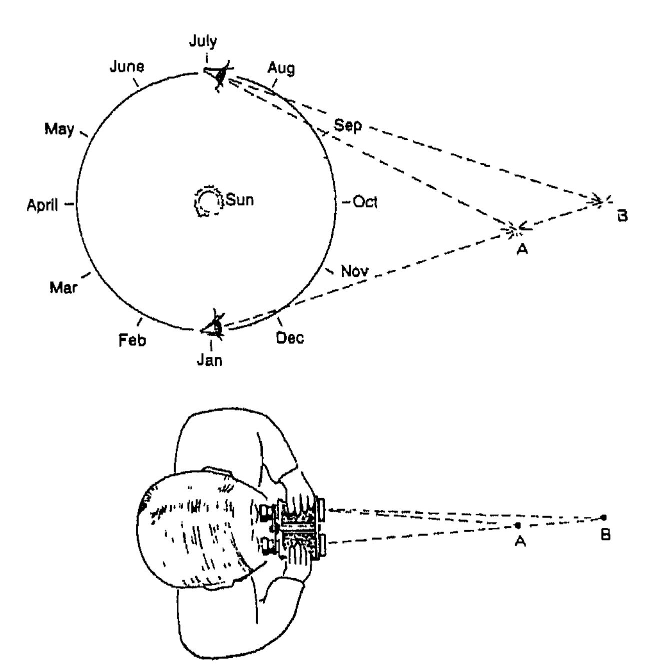
السدم. فوجد أن هناك نوعين: فبعضها كان من الغاز ولكن البعض الآخر كان له أطياف مثل الشمس، مما يوحي بأنها تتكون من نجوم.

وكانت المشكلة هي ما إذا كانت السدم داخلة في مجرتنا أم هي خارجها. إذ لم يكن لدى الفلكيين في القرن التاسع عشر فكرة واضحة عن مدى بعد النجوم.

إننا نعرف مدى بعد الشمس عنا (الفصل الثالث)، إذ إن شعاع الضوء يقطع هذه المسافة فيما لا يزيد إلا قليلا على ٨ دقائق. وهذا البعد المتوسط عن الشمس يسمى «وحدة فلكية»، وهو الأساس المستخدم لقياس المسافة إلى النجوم المجاورة. وبعد ستة شهور تصبح الأرض على الجانب المضاد من الشمس، وتكون عندها على بعد «وحدتين» فلكيتين من موضعها الحالي.

ولابد أن يختلف المنظر الذي تتراءى لك به النجوم الآن عن منظرها بعد ستة شهور اختلافا هينا. وكما أن تضافر العين اليسرى واليمنى يعطينا رؤية ازدواجية وإحساسا بالمسافة، فإن فترة الشهور الستة تعطينا مشهدا للنجوم بالعين «اليسرى» وآخر بالعين «اليمنى». وستظهر النجوم القريبة مُزاحة عن موضعها بسبب تغير ظاهري في موقعها بالنسبة للنجوم الأكثر بعدا. وإذا عرفنا مدى بعد وحدة القياس الأساسية مابين يناير ويوليو سيمكننا تحديد مدى بعد النجم من خلال حركته الهينة إزاء الخلفية (انظر شكل ١٠ ـ ١).

وأقرب جيراننا من النجوم هو القنطورس الأدنى وجاره الأكثر نصاعة قنطورس ألفا، وهما يريان في نصف الكرة الجنوبي. ومقدار اختلاف الموقع الظاهري يبين أن قنطورس ألفا هو أبعد من الشمس بمقدار ٢٧٥ ألف مرة. وهذه مسافة تقطعها طائرة الكونكورد في «مليوني» سنة، على حين أن الضوء يقطعها في ٥ و ٤ سنة. ولو عبرنا عن هذه المسافة بالأميال لكان تعبيرنا غير مفهوم، وهكذا فإننا بدلا من ذلك نقول إن المسافة هي ٥ و ٤ سنة ضوئية.

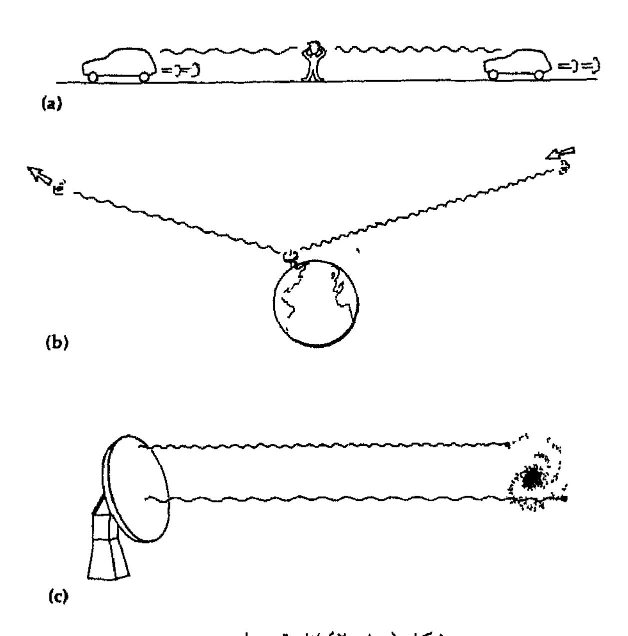



شكل (١٠ ـ ١) الرؤية بالعينين واختلاف الموقع الظاهري العين اليمنى للإنسان ترى الجرم أ أو الجرم ب في خط واحد بينها تراهما العين اليسرى منفصلين، واختلاف الموقع الظاهري هذا يمكننا من أن نستنتج أن الجرم ب هو الأبعد. والأرض تدور حول الشمس، وفي يناير يكون النجمان (أ) و (ب) على خط واحد (العين اليمنى)، وفي يوليو يكون لدينا مشهد «العين اليسرى» ويمكننا أن نعرف أن النجم (ب) أبعد من النجم (أ).

على أننا لا نريد أن نعرف أين تكون النجوم «الآن» فحسب، وإنما أيضا إلى أين تتحرك، ذلك أن الأمور لا تبقى دائما على ما نجدها عليه اليوم. وحركة النجوم يمكن تقسيمها إلى مكونين اثنين ـ «حركة شعاعية» Radial على طول خط الإبصار و«حركة فعلية» Proper في زاوية قائمة على خط الإبصار.

والسرعة الشعاعية يمكن إيجادها بقياس طيف الضوء الآتي من النجم، واستنتاج العناصر التي تعطي الألوان المتميزة ثم مقارنتها بالأطياف التي

تعطيها هذه العناصر على الأرض. وطول موجة ضوء الطيف تحدث له إزاحة دوبلر بطريقة مماثلة للإزاحة المألوفة في طبقة صوت بوق سيارة، إذ يتزايد عويله وهو آت نحونا وينخفض إذ يرحل عنا: وطيف الضوء ينزاح إلى الأحمر إذا كان آتيا من نجم مبتعد وتجاه الأزرق إذا كان آتيا من نجم مقترب (انظر شكل ١٠ ـ ٢). والسرعات الشعاعية يمكن قياسها بدقة بالنسبة للنجوم والمجرات بأكملها حتى أقصى أطراف الكون.




شكل (١٠ ـ ٢) إزاحة دوبلر.
(أ) عربة ذات بوق تندفع نحو السامع أو بعيدا عنه فيبدو أن صوتها له طبقة أعلى أو أقل حسب الترتيب.
(ب) تحدث إزاحة مماثلة في لون الضوء. فالمجرة التي إلى اليمين تدنو مقتربة وتنضغط موجات ضوئها ـ أي تنزاح إلى الأزرق. والمجرة التي إلى اليسار تبتعد. فيمتط ضوؤها إلى الأحمر.
(ج) يستطيع التليسكوب أن يكشف حتى عن دوران إحدى المجرات وذلك من اختلاف الإزاحات الحمراء أو الزرقاء بطيف الضوء الآتي من النجوم التي في الأجزاء المختلفة من اللولب.

أما قياس الحركة الفعلية فإنه يتطلب رصدا حريصا طيلة عقود من السنين، مع مقارنـة صور النجم منسـوبة إلى أعماق الخلفيـة. وهذه ظـاهرة جـد دقيقة بحيث إن أقـرب النجوم هي وحـدها التي تبدي حـركة فعليـة يمكن الكشف عنها. أما النجوم التي تبعد أكثـر من ٢٠ أو ٣٠ سنة ضوئية فهي أبعد من أن تظهر لها أي حركة إزاء الخلفيـة أو أي تغير ظاهري في الموقع أثناء دوران الأرض حول الشمس، فالبعد الثالث يضيع هنا. وقد يكون أحد النجوم الساطعة هو أو سديم المرأة المسلسلة على بعد مليون سنـة ضوئية، ومع ذلك يكون بطبيعته متألقا إلى حد يغشى معه البصر، أو يكون على بعد ١٠٠ سنة فحسب، ولكنه شاحب نسبيا.

وهكذا فإن الفلكيين عنـد نهاية القرن التـاسع عشر كانـوا ينفقون وقتهم في جمع النجوم مثل طوابع البريد، ويسجلـون لها الأطياف والألوان. وفي هارفارد كانت هنرييتا ليفيت تجمع المعلـومات عن النجوم المتغيرة، تلك التي تعتم ثم تلمع بـانتظام. وبعض هـذه النجـوم جـد ملحوظـة وهي تستكمل دورتها في ساعات أو أيام أو أسابيع معدودة. وأول ماعثر عليه منها كان في كوكبة (برج) قيفاوس، وهكـذا عرفت في مجمُوعها بـالمتغيرات القيفية رغم أن هـذه النجوم المتغيرة تقع عبر السماء كلها.

واكتشفت ليفيت أنه كلما كان النجم القيفي «أسطع» زاد «طول» المدة التي يستكمل فيها دورتـه. وقد اكتشفت ذلك لأنه تصـادف أن الكثير من النجوم القيفيـة التي كانت تنظـر إليهـا كانت في السحب الماجـلانيـة ـ أي في هـاتين المجرتين التابعتين لمجرتنا درب التبانة. وهذه السحب تبعد بمسافة ١٥٠ ألف سنة ضوئية، وهكـذا فإن كل قيفياتها تبتعد عنا بمسافة متسـاوية، بإضافة أو طرح نسبة مئوية قليلة. وها هنا يزول تماما اختلاف درجة السطوع الذي يسببه اختلاف المسـافة والذي يثير البلبلـة (فهو طـاعون النجوم في مجرتنـا). وهكذا

أمكن لليفيت أن تبين أن الـوقت الذي يقضيه النجم القيفـي ليستكمل دورته يخبرنـا بمدى سطـوعـه الطبيعي . وبمقارنـة ذلك بسطـوعـه الظاهـري يمكن الكشف عن مسافة بعده الحقيقية .

وقـد قـاس علماء الفلك انحـراف الشمـس بين زمـلائهـا من النجـوم وأمكنهم تقدير المسافة إلى القيفيات المجاورة . وأعطانا ذلك مقياسا مطلقا للمسافة وأمكن أخيرا إضافة البعـد الثالث . ففي المسافات القصيرة يكون تغير الموقع الظاهـري هو الحل ، أما في المسافات الأبعـد فإن القيفيات هي التي تمدنا بعصا القياس .

ولنرجـع الآن إلى العقد الأول من هـذا القرن ونلتقي بهارلـوشابلي في مـرصد مونت ويلسـون بكاليفورنيا ، وكـان المرصد وقتها أكبر تليسكوب في العـالم وله مـرآة قطـرها ٦٠ بـوصـة . وكـان شابلي ينظـر إلى المتغيرات القيفيـة التي يشيع وجودهـا نوعا في تجمعات كـروية ـ عنقوديـة تبلغ مايصل إلى ١٠٠ ألف نجم ذات جمال مذهل . وأخـذ شابلي ينسق المعلومات عن القيفيـات الموجودة فيها ثم أخذ يرسم خريطة ذات أبعاد ثلاثة للتجمعات الكروية التي في المجرة .

إن بإمكاننا من الأرض أن نرى ما يـزيد على ١٠٠ تجمع كروي . وقد أمكن لشابلي أن يحدد القيفيـات في اثنتي عشرة مجموعة من المجموعـات الأقرب وأن يقيس مسافة بعدها . وأمكنه في بعض هذه التجمعات القريبة أن يعزل نجوما حمراء نـاصعة من العمالقـة والعمالقة الأعلى ، وقـام بإجراء مقـارنة منهجيـة بين سطـوعهـا الظـاهـري والسطوع الظـاهـري للقيفيـات . وسرعـان مـا جمع من المعلومات مايكفي لأن يصل إلى معـرفة شيء عن السطوع الطبيعي أو «الحجم المطلق» لهذه النجوم العملاقة .

وفي التجمعـات الكرويـة البعيدة تكـون النجـوم العملاقـة الساطعـة هي

تقريبـا كل ما يمكن أن تراه، أمـا القيفيات فهي من الشحـوب بحيث تتعذر دراستها. ولكن مع وجود هذه العمالقة التي هي بمنـزلة «شموع معيارية»، أو مقيـاس مـرجعي لـدرجـة السطوع، فـإن شابلي أخـذ يضع خـريطـة لإبعـاد التجمعات الكروية الواقعة في أعماق المجرة.

وبحلول ١٩٢٠ كـان قد أصبح لديـه خريطـة ثلاثية الأبعـاد للتجمعات الكروية. وقد أذهله ما بينته هذه الخريطة.

فالتجمعات الكروية لا تنتشر انتشارا عشوائيا حول درب التبانة. وإنما تتمركز في كرة ضخمة وكأنها عناصر لتكـوين «الكرة العليا» Super globular. ويبعـد مركز هذه الكرة عنا بـ ٣٠ ألف سنـة ضوئية في اتجاه برج «القوس والرامي». وخمن شابلي تخمينا ملهما: فمركز هذه الكرة العليا هو مركز منظومة نجومنا درب التبانة. وكان بطليموس قد جعل من الأرض مركز الكرة السماوية، وفي عام ١٥٤٣ أسقط نيكولاس كوبرنيكوس هذه الفكرة، وقال إن الأرض تدور حول شمس مركزية. ثم جاء شابلي ليطرح أن الشمس ليست في مركز المجرة وإنما توجد بدلا من ذلك بعيدا في الأطراف القصيـة. ومـا إن تم طـرح تلك الفـرضيـة حتى دخـل الأمـر حيـز الوضـوح. فلنقارن منظر درب التبـانة عند رؤيتـه من السماء الشمالية ثم من السماء الجنوبية. إنه يبدو شاحبا نسبيا عندما تنظر إليه في أمريكا الشمالية وأوروبا، أما في أمريكا الجنوبية وأستراليا فنحن نرى سطـوعا قويا، إذ ننظر من خلال ٩٠ في المائة من القرص وإلى القلب تجاه «القوس والرامي».

وكـان من بين الأمور التي أغفلهـا شابلي تأثير الإعتـام الناجم عن الغبـار والواقع مابين النجـوم. فقد ظن أن وجود إعتام يرجع إلى بعد المسـافة وقدر أن المجرة يبلـغ امتدادها ٢٠٠ ألـف سنة ضوئيـة. والحقيقة أنها أصغـر من ذلك فهي أقرب إلى ١٠٠ ألف سنة ضوئيـة، أما الإعتام فيرجع إلى الضباب. ولعل هذا التقـدير المبـالغ فيه هو الـذي أدى إلى فشله في اكتشـاف أن مجرتنا إنما هي

عضو واحد في عائلة من المجرات. والسحب الماجلانية هما مجرتان تابعتان لدرب التبانة تبعدان ١٥٠ ألف سنة ضوئية ؛ أي بما يزيد على ٥٠ في المائة من امتداد المجرة الأم. ومبالغة شابلي في تقدير حجم درب التبانة تجعل السحب الماجلانية داخل درب التبانة بدلا من أن تكون كيانات منفصلة.

وقد جاء اكتشاف «كون المجرات الكثيرة» على يد إدوين هابل أثناء عمله في العشرينيات من هذا القرن في مونت ويلسون مستخدما التليسكوب الجديد الذي يبلغ قطره ١٠٠ بوصة. وأمكنه باستخدامه أن يتبين أن السُدم اللولبية تتكون من نجوم كما في سديم المرأة المسلسلة. وتوافر الدليل على أنها مجرات عندما أمكنه أن يصور ضوئيا ٥٠ نجما قيفيا متغيرا في إحدى المجرات المرئية في السماوات الجنوبية واستنتج أنها تبعد بعدة مئات الآلاف من السنين الضوئية. وتلك مسافة هائلة البعد ــ أبعد عدة مرات من طول رحلة كاملة عبر مجرتنا بأسرها ــ حتى أن هابل أصابه الارتياح عندما اكتشف أن القوانين الفيزيائية نفسها مازالت صالحة للعمل في أعماق الكون. وقد مكنه ذلك من مواصلة استكشاف أعماق أبعد.

وأكبر سديمين لولبيين يمكن رؤيتهما من الأرض هما «المرأة المسلسلة»، و«م٣٣» ويتجه «م ٣٣» بوجهه إلينا وقد أمكن لهابل تصويره ضوئيا على مدى سنتين مستخدما التليسكوب ذا المائة بوصة. ثم حلله إلى النجوم المكونة له وأمكن له تحديد ٣٥ نجما قيفيا متغيرا. وكتب هابل تقريره عام ١٩٢٦ : «السديم م٣٣ يبعد عنا بمسافة مقدارها ٢,٤ مليون سنة ضوئية»، وهي مسافة أبعد كثيرا من أي شيء سبق معرفته. وليس هناك أدنى شك في أن هذا السديم مجرة لولبية منفصلة عن مجرتنا وفي عيد الميلاد عام ١٩٢٨ نشر هابل بحثا عما تم له اكتشافه بشأن «المرأة المسلسلة». لقد تم اجتياز حاجز المليون من السنين الضوئية. وهكذا ولأول مرة فيما يتذكره المسنون من العلماء الأحياء حتى الآن أمكن للحضارة البشرية أن تحدد

مـوقعهـا داخل الكـون، فـالكـون ينقسـم إلى مجرات تنفصل عن بعضهـا البعض بمسافات شاسعة تخلو من النجوم.

ولقد استغرق الأمر زمنـا طويلا للانتقال من نظريـة أن الأرض مركز الكون حتى وصلنا إلى أننـا ندور حول الشمس في ركن بعيد من المجـرة. والآن هاهي لم تعد بعـد «الـ» مجرة، وإنما هي «إحدى» المجـرات؛ مجرة من بليون نجـم هي واحدة من بليون مجرة.

ومـا أن تبين هابل أن الكـون مبني من جزر من المجـرات في بحر الفضـاء الهائل، حتى اكتشف بسرعة أن الكون يتمدد، ويتطور بالزمان، وأن المجرات تندفع مبتعدة إحداها عن الأخرى. وتلك رؤيـة نافذة تنطوي على دلالة كونية حقيقية لأنها تعلمنا الكثير عن ظروف نشأة الكون. فإذا كان الكون يتمدد فإن لنـا أن نتصور أننـا نوقف السـاعـة ونديـر الشريط السينمائي في اتجاه عكسي. ولابـد أن كل الأشياء في الماضي كـانت أقـرب بعضها إلى بعض ممـا هي الآن. فمنذ مايقرب من ١٠ ـ ٢٠ بليون سنة كـانت مادة لكون كلها ولابد محشورة في حيز أصغر من قبضـة اليد. وانفجار هذه الكرة الكثيفة للخـارج هو مايسمى بـ «الانفجار الكبير». فنشأة الكون حدثـت في انفجار وقع منذ ٢٠ بليون سنة خلت، وظل الكون يتمـدد من وقتها. ولم يكن أي شيء من هذا معـروفا، ثم عرفه هابل وأصبح يشكل الآن جزءا من المعرفة البشرية.

لقد وقع هابل على ذلك مصادفـة. إذ كان يسعى في أول الأمر إلى أن يعرف مدى سرعة حركـة الشمس حول المجرة. وأنه عندما تـركب أرجوحة دوارة فإن بإمكانك أن تعـرف سرعة حركتـه بتثبيت نظرك على نقط مرجعيـة بعيدة. وإذا استخدمت المجرات البعيـدة كمراجع ثابتة فسترى إذا كـانت الشمس تتحرك نحـوهـا أو بعيـدا عنهـا أو عبرهـا، ثم تستطيـع أن تحسب بعـد ذلك حـركـة الأرجوحة الدوارة.

وقد أظهر القليل من المجـرات المجاورة ما كان متـوقعا من تحرك عشوائي. أما ماهـو أكثر إثارة فهو وجود نـزعة ملحوظة عند المجـرات البعيدة لأن تندفع مبتعدة، ويكون اندفاعها أسرع كلما زاد بُعـدها عنا. وقد حسب هابل سرعتها بأن حلل ضوءها باستخدام منظار الطيـف ورأى مدى ما فيه من إزاحة تقارن بقائمة الألوان ـ البصمات التي كانت وقتها قد أصبحت معروفة جيدا.

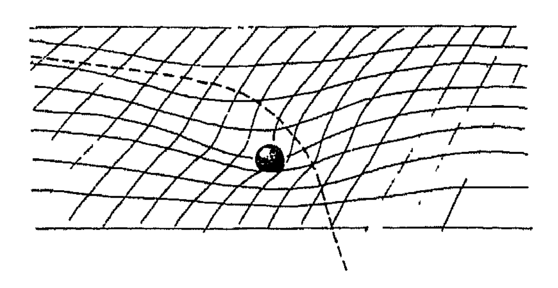
وقام هابل برسم خريطة لتجمعات المجرات في أعماق الفضاء وبحلول عام ١٩٣٤ أمكنه بوسـاطة تحسين وسائل الصور الضوئيـة أن يلتقط صورا لمجرات تشبه النقط، هي أكثـر عددا من النجـوم التي في أمامية اللـوحة. وعثـر هابل على مجرات بعيدة تندفع مبتعدة بسرعة تبلغ سُبع سرعة الضوء. والرقم القياسي الحالي يتعلق بمجرات جـد بعيدة حتى أن ضـوءها قد ظل يـرتحل عبر الفضاء طيلـة ١٠ بلايين سنـة حتى تصادف لبعض منـه أن تم تلقيه على تليسكـوب موجـود فوق كـوكب غير ذي أهمية. ونحن عندمـا ننظر إلى صـورة كهذه فإنما ننظر إلى الوراء في اتجاه بدء الكون.

والسؤال الذي ينشأ عن هذا ما إذا كان الكون سيستمر في تمدده، أو أنه في النهاية سوف يتقلص بفعل وزنه هـو نفسه. وهذا السؤال يلح حاليا على علماء الفلك كما يلح أيضا على علماء فيزياء الجسيمات الـذين يعيدون إنشاء الظروف العنيفة للكون المبكر في معاملهم الأرضية.

## نهاية الكون كما نعرفه

ارتكب أينشتين خطأ فادحـا عند صياغتـه لنظريته النسبية العـامة، وهي نظرية الجاذبية التي نسخت عمل إسحق نيوتن العظيم في القرن السابع عشر. لقد كان أينشتين مصيبا في كل شيء عدا شيء واحد.

فالزمان والمكان في نظرية أينشتين عن الجاذبية قد تم جَدْلهما معا بحذق.



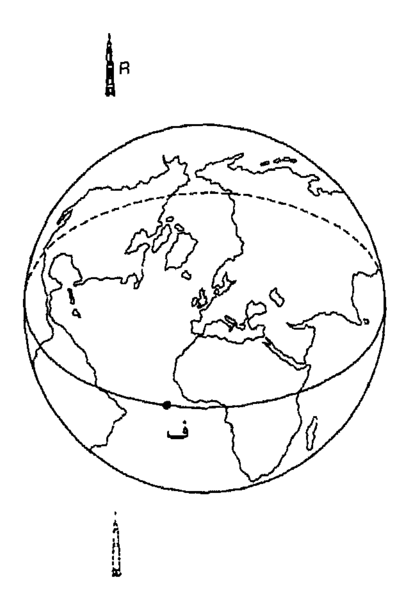
شكل (١٠ ـ ٣) الجاذبية تسبب انبعاج المكان ـ الزمان. جسم ثقيل يسبب انبعاج المكان والزمان. الخط المتقطع بين المسار الذي ستتبعه كرة تتدحرج عبر هذا السطح المتخيل للمكان ـ الزمان. ويُفسّر الانحراف حول الانبعاج على أنه نتيجة لقوة الجاذبية.

لقد نظر إلى المكـان بوصفه منبعجا وبحضور الأشيـاء، ونحن عندما نلقى التواء فإنه ينحرف بنا بعيدا عن مسارنـا المستقيم. وهذه الدفعة الظاهرة هي ما نسميه بقوة الجاذبية. وعندما تخطو بعيدا من فوق قنطرة عالية فإن ما يشدك إلى أسفل هو انبعاج المكان الذي تسببه الأرض.

وهناك قياس قديم بـالتمثيل يمكن أن يساعد في فهم الأمر. فنحن نعيش في ثـلاثة أبعـاد، ولكن هب أنها بعدان فقط، أي أننـا «رجال مفلطحـون». ويمكن تمثيل ذلك بمـلاءة مشـدودة من المطاط ذات بعـدين، ولـو أسقطت عليها بـذرة بازلاء فإنها ستحـدث انخفاضا صغيرا، أمـا الكرة الثقيلـة فسوف تحدث انبعاجـا عميقا في الملاءة المطـاطة. وإذا دحرجـت كرة عبر الملاءة فإنها سوف تـدور في انحناءة حول الانبعـاج. والرجل المفلطح سيقول إن الكـرة قد جذبتها قوة ما ـ هي «الجاذبية». ونحن بقدرتنا الأعظم على الرؤية، سنقول إن انبعاج المكان هو المسؤول ـ الانبعاج الناجم عن كتلة الشيء.

وفي الكون الواقعي يبدو المكان ثلاثي الأبعاد، والكتل ـ مثل الأرض والشمس والمجرات ـ تسبب انبعاج المكان في بُعـد رابع. ولعل هذا مما يصعب تخيله، بل إنه

أكثر صعوبة في واقع الأمر، فأينشتين يقول إن الانبعاج يصيب المكان (و) الزمان. والشمس قد قوست المكان حولها ونحن ندور في هذا الانبعاج.




شكل (١٠ ـ ٤) الرحلات الدائرية بالمقاييس الأعلى. الرجل المفلطح ف لا يستطيع أن يخبر إلا بعدين فحسب، وهو يدور حول الكرة الأرضية ويجد نفسه وقد عاد إلى نقطة البداية!

السفينة الصاروخية تحوي كائنات ذكية ــ فنحن نعرف الأبعاد الثلاثة، ونحن ننطلق شمالا تجاه النجوم الشمالية، لنعود في النهاية عن طريق صليب الجنوب لنكون قد درنا حول الكون ـ منحنين في البعد الرابع.

والأشياء ذات الكتلة الأكبر تسبب انبعاجا أكبر في المكان ــ فالمجرات تسبب انبعاجة للكون أكثر مما تسببه أنت أو أنا. ولكن كيف ينبعج المكان ـ الزمان على نطاق الكون بأسره؟ إن مستقبل الكون على المدى البعيد يعتمد على الإجابة عن هذا السؤال.

هنا على وجه التحديد ارتكب أينشتين خطأه الفادح .

كانت المعلومات الفلكية في أول هـذا القرن أقل كثيرا جدا مما هي عليه الآن وأكثر افتقارا إلى التحديد والدقة . وقد بـدأ الكون في ضوء هذه المعلومات ثابتا ودائما وغير قابل للتغير. على أن نظرية أينشتين كـان فيها مايدل على أن الكون يتطور. وقـد أزعجه هذا التضارب ومن ثـم أدخل على معادلته قطعة إضـافية (عرفت «بالثابت الكوني») لتصبح متلائمة مع ما بدا أن الطبيعة تتطلبه . على أن المعطيات الحالية تبين أن هـذا الثابت لا حاجة له . فالكـون في حالة تمدد ، ولو أن أينشتين لم يعـدل نظريتـه الأصلية هذا التعـديل الأخرق لـربما أمكنه أن يكتشف هو نفسه أن الكون يتمدد . والواقع أن هذا الاكتشاف لم يحدث إلا في عام ١٩٢٢ عندما بين عالم الرياضيات السوفييتي الكسندر فريدمان أن الكون يتطور وأنه إما «مفتوح» أو «منغلق» .

والكون «المنغلق» هـو مثل ثقب أسود هائل مكتف بذاتـه . وهو يحوي من المادة قدرا كبيرا جدا بحيث إن المكان ينحني ليرتد مباشرة على نفسه . وإذا كان من الصعب تخيل ذلك فلنلجأ ثانية للتشبيـه ثنائي البعد ، حيث يصبح المكان مثل كـرة سوف يـزحف فيها الـرجل المفلطح مـرتحلا للشرق ويدور من حـول الكرة . وفي الكون الحقيقي ، تبدأ الرحلة من القطب الشمالي تجاه النجم القطبي ثم تـدور من حـول الكـون لتعـود إلى الأرض تجاه صليب الجنـوب . وبكلمات أخرى فإن الكـون يصبح متناهيا ، ولو كـان هناك ماهو «خـارجه» أو «وراءه» فإننا لا نستطيع الوصول إليه . أما في الكون «المفتوح» فإن المكان ، وعلى عكس ماسبق ، يظل ينحني أبـدا انحناء رهيفا . وما يماثل ذلك في تمثيل البعـدين هو شكل السرج .

فأي كـون منهما هو الـذي نعيش فيـه؟ إننا لا نعـرف . والأمر يعتمـد على متوسط كثافة المادة خلال المكان بأسره . فـإذا كانت هذه الكثافة أكبر من قدر

حـرج معين، فإن الكون يكـون منغلقـا، وإذا كانت أقـل من هذا القـدر فإن الكـون يكون مفتـوحا. ونظـرية أينشتين لا تسمح بأي احتمال آخـر. وبعض النظريـات عن الانفجار الكبير (التي تسمى «الكـون الانتفاخي») تتطلب أن تكون الكثافة مساوية بالضبط للقدر الحرج. وإذا أمكننا اكتشاف كل أشكال المادة التي في أغـوار الفضـاء فسـوف نتمكـن من التنبـؤ بها إذا كـان الكـون سيتقلص أو أنه سيتمدد إلى الأبد. ولكن هناك مادة كثيرة هي أشد إظلاما من أن نراها ويتعلق السؤال الكبير الآن بطبيعـة ومدى وفرة هذه «المادة المظلمة». وتطرح النظرية الحديثة عن «الأوتار الفـائقة» (الفصل الثاني عشر) فرضية تقول إنه يمكن أن يكون هناك كون كـامل مظلم يعمل بالتوازي مع كوننا! ونحن في حاجـة إلى أن نعرف مـا إذا كان هنـاك وجود لهذه المادة المظلمـة أم لا. فكيف يمكن أن نأمل في رؤية النجوم «الخفية»؟

## ما الذي يختبىء في الظلام؟

لـو أنك درت حـول زاويـة بسرعة أكثـر ممـا ينبغي ستجـد نفسك خـارج الطـريق. ولو أنـك اندفعت حـول الشمس أو المجـرة بسرعـة أكثر ممـا ينبغي ستجد نفسك وأنت تلف مبتعـدا في أعماق الفضاء. وكلما ابتعـدت الكواكب عن الشمس قل ما تحس به من شد الجاذبية، وقلت سرعتها في مدارها الأبدي بما يناظـر ذلك. وقد استقـر كل كوكب على سرعـة معينة بحيث يكـون هناك توازن بين الوقوع للداخل والطرد المركزي للخارج.

على أننا إذا ما نظرنا إلى المجرات اللولبية، فستبدو النجوم وهي تدور بسرعة أكبر من أن تسمح لها بـالبقاء، فـالنجوم المرئية ليـس لديها من الكتلـة المقدار الكافي للإبقاء على المنظومات متماسكة معا بوساطة الجاذبية ـ لكنها تظل باقية مع ذلك.

ومجموعات المجـرات تدور إحداها حول الأخرى . وهنـا أيضا فإنها تتحرك بسرعة أكثر مما ينبغي ، إلا أنها تتمكن من أن تستمر في رقصتها الكونية . ولابد أن هناك شيئا آخر يبقيها متماسكة معا ـ بلازما خارجية ectoplasm أعتم من أن تُـرى ، وهي تنتشر في كل مكـان ، وتتخلل المجـرات ، إنها غير مـرئيـة على الإطلاق وذات كتلة هـائلة . ولا يعرف أحد بعد مـاذا تكون هذه المادة ، ولكن الفلكيين واثقون من أنها مـوجودة هناك . وتوضـح الرقصة الكونيـة للمجرات اللحن الذي تعزفه الطبيعة ، ومـازال ما لم نكتشفه داخل الأوركسترا أكثر بكثير مما اكتشفناه حتى الآن .

وعلى وجه التقريب فإن ٩٠ في المائة من كتلة الكون لابد أن تكون مصنوعة من هذه المادة المظلمة . أما المادة العاديـة المرئية التي تسطع في السماء ، وتلتقطها أشعة إكس وتليسكوبـات اللاسلكي والأشعة تحت الحمراء ، فليست سـوى شيء يطفو في بحر من المادة الخفية . فالمادة المظلمة هي المسيطرة «العرض» .

ولا يمكن أن يكـون هنـاك الكثير من المادة المظلمة في جيرتنـا المبـاشرة لأن الكواكب تدور حول الشمس حسب القـواعد المحددة . على أن الأمور لم تكن دائما هكذا . وأشهـر تنبؤ نـاجح عن المادة المظلمة هـو ما كان بشـأن الكوكب نبتون . فمنذ ١٥٠ عاما كان أورانوس هو أقصى كوكب خارجي ، وكان مداره «لا يتبع القواعـد» . وفي عام ١٨٤٣ تنبأ جـون آدمز في إنجلترا بوجـود كوكب آخـر غير مرئي وأشـار على علماء الفلك بـالمكان الـذي يجب أن يبحثوا فيـه ، ولكنه كان شابا مغمورا فلم يلتفت أحد إليه . وبعد ذلك بثلاث سنوات طرح أوربان ليفريير الفكرة نفسها على نحو مستقـل في فرنسا ، وبعد اكتشاف نبتون في تلك السنة نشأ نزاع حول من ينبغي أن ينسب له فضل الاكتشاف .

وكان اكتشاف نبتون نجاحا عظيما : إنه التنبؤ بالمادة المظلمة عن طريق تأثيراتها على ما هـو مرئي ـ مثل الرجل الخفـي في زاوية هـ . ج . ويلز الـذي يتضح وجوده

من شقه لطـريقه وسط الجمهـور. وحاول ليفـريير أن يكرر نجاحـه هذا مع حـالة الكوكـب عطارد، أقصى نجم للـداخل. فهو أيضا لا يتبع القواعـد وطرح ليفريير أن هناك كوكبا آخر قريبا من الشمس اسمه فولكان. ولم يتم العثور على أي شيء، وأصبحنا نعرف الآن أن السبب في شذوذ عطارد هو فشل نظرية نيوتن للجاذبية في المجالات الجذبيـة القوية مثل تلك القـريبة من الشمس. ففي مثل هـذه الأحوال فإن النظرية التي تنطبق بدلا من نظرية نيـوتن هي نظرية النسبية العامة لأينشتين، فهي توصف مدار عطارد توصيفا سليما.

وقد حاول بعض الفيزيائيين تجنب المادة المظلمـة تجنبا كليا بأن طرحوا فكرة أن قوانين نيوتـن تخفق على مستوى المجرات، ومن هنا يكـون السلوك «الشاذ» للمناطق الخارجية من المجرات. على أن فيزيائيين آخرين نادوا بأن هذه الفكرة تثير المشـاكل أمام العـلاقة التجـريبية مـابين سرعة وضيـاء المجرات. والـرأي السائد بين العلماء لا يميل إلى تحبيذ هذا الحل للغز.

وقد يكـون هناك قدر ضئيل من المادة المظلمـة في الأطراف الخارجية للمنظـومة الشمسية هو المسـؤول عن شذوذ مدار نبتون. (كما سبق القـول في الفصل الرابع، فإن بلـوتـو ذا الحجم الصغير لا يصلح حقـا لتفسير ذلك، والتفسير المفضل هـو الكوكب إكس الـذي لم تتم رؤيته بعـد). وهو ما يمثل، على نحـو غير مقصود، شهادة مدهشة على دقة قياس حركة نبتون. فنبتون يدور ببطء شديد جدا حتى أنه منذ اكتشافه من ١٥٠ سنة لم يتم بعد دورة واحدة!

إن النجـوم التي في المجـرات البعيـدة تسلك وكأن المادة المظلمــة تشكل هالات على أطـراف المجرات. ولما كنا مغمـورين في مجرتنا نحن المليئة بـالغبار فإنه يحدث أحيانا أن يكون تعرّفنـا الأشياء التي في مجرتنا «درب التبانة» أصعب من تعرفنا الأشياء التي في المجرات القصيـة حيث يمكننا هناك أن نمعن النظر داخلهـا من الخارج، راصدين المشهـد كلـه. على أننا يمكننـا أن نحصل على

إشارات غير مباشرة برصد المجرات القـزمية، تلك الجيران القريبة منـا، لنرى كيف تسلك نجومها ـ وهي قريبة منا بما يكفي لأن تبدو في أي هالة مظلمة قد تكون حولنا.

وهذه المجرات القـزمية يقل فيها عدد النجـوم إلى عدة مئات من الآلاف. وتقع هذه النجوم على مستوى يمتد مع السحب الماجلانية ومع مجرتنا الضخمة درب التبانـة، مما يوحي بأننا كلنـا مرتبطون، وأننـا بقايا لمجرة أوليـة أصلية في الكـون المبكـر. وهـذه التجمعات المسماة بـأسماء رومانسيـة ــ المثّـال، والتنين والجؤجؤ وغيرها ــ هي صغيرة جدا بحيث لا تكاد تلحظها لـو كنت تنظر من المرأة المسلسلة للداخل. وهكذا فإن المرأة المسلسلة بدورها إذا كان لديها مجرات قزمية صغيرة هكذا، فإنه من غير المحتمـل قط أن نعرف عنها شيئا إلا إذا قمنا بـرحلة لها. وهـو ما يطـرح أن المجرات القـزمية الموجـودة خلال الكـون بأسره يمكن أن تضيف قدرا له اعتباره من المادة «المظلمة».

ومما يؤسف له أنه يتعذر أن نـرى مجراتنا القزمية على الإطلاق، دع عنك أن نقيس النجوم المكـونة لها قيـاسا دقيقـا. فبعض الراصـدين يزعمـون شيئا بينما يزعم الآخرون شيئا آخر.

على أن درب التبـانة الكبير هـو وجارتنـا العملاقـة «المرأة المسلسلة» يبـدو سلـوكهما بالفعل سلـوكا خـاطئا. فـالمجرتـان تندفع كل منهما تجاه الأخـرى، مقتربتين بمعدل ١٠٠ ميل في كل ثانية. ومع ذلك فليس هناك داع لأن ننزعج من هـذا، لأن اصطدامنـا سيتطلب عدة بـلايين من السنين إذا كنا حقـا على طريق الاصطدام، على أن مجرد فكرة أننـا نقترب من بعضنا البعض هكذا لابد أن تثير بعض القلق.

وقـد ينحصر الأمر في أننـا نشبه سفينتين تعبران في الليل مجرتين هـائلتين في

رحلتين مستقلتين خلال الكون. ولكن الأمر يكاد يبـدو على هذا النحو وكأنه ضربـة حظ. وانطلاقـا من الاتسـاع الهائل للفضـاء الذي يمكن لأي منـا أن يكون فيه، فإن هـاتين المجرتين تبذوان مرتبطتين ومقيدتين في مـدارات متبادلة إحـداهما حـول الأخـرى بمثل مـا تدور الكـواكب حـول الشمس. ولـو كنـا مربوطين هكذا بلا فكاك منـذ تكويننا فيما يلي الانفجار الكبير، فما كان ينبغي لنا أن نتقارب بهذه السرعة. ولابد من وجود الكثير من المادة المظلمة فيما حولنا لتمد بهذا الشد الإضافي، أما المجرات القزمية وحدها فلا تمثل شيئا يذكر.

والرأي الذي يجمع عليه العلماء هو أن للمادة المظلمـة وجودا غزيرا، ولكننا لسنا واثقين من أي تفـاصيل حول مقدار مـا يوجـد منها ولا مكان وجـودها. ومن الأهمية بمكان الإجابة عن هذه الأسئلة لأن الكون شيء حي متمدد ودائم التغير، وستكـون المادة المظلمة هي مـا يحدد مصيره النهائي. فإذا كـان يوجـد حولنا الكثير منها فإن شد جاذبيتهـا سيثقل الكون لأسفل، مبطئا من اندفاعه للخـارج حتى يصل إلى الحد الذي يتـوقف فيه الكـون عن ذلك ثم يتقلص في انسحاق عظيم. وإذا كانت كمية المادة المظلمـة أقل من هذا القدر الحرج فإن الكـون سـوف يتمـدد إلى الأبـد، وسوف تستنفـد النجـوم والمجـرات بأسرهـا وقـودها، وتتـآكل المادة لتخلف فحسب الإلكترونـات والإشعـاع. ونحن لا نستطيع أن نقول واثقين إلى أي حال سوف تنتهي الأمـور، لأنه يبدو أن الكون قريب جدا للخط الحرج الذي يفصل مابين التقلص واستمرار التمدد.

ولا يعرف أحد بعـد مم تتكون هذه المادة المظلمة. وحتى يصـل علماء الفيزياء الفلكيـة إلى نظريـات عن ذلك فإن عليهم أن يلجأوا إلى فيـزياء الجسيمات. وقـد تكون جسيمات النيوترينـو هي الإجابة عن ذلك. فإذا كان الكون قـد بدأ بانفجار كبير ساخن فإن النظرية تتنبأ بأنه ينبغي أن يوجد مايقرب من ١٠٠ نيوترينو في كل سنتيمتر مكعب من الفضاء أي ١٠٠ مليـون ضعف كثافـة البروتونات التي تـوفر

معظم المادة المرئية في النجوم. ومن ثم فلن تكون المجرات المرئية سوى مجرد جزر في بحر ضخم من جسيمات النيوترينو.

وإذا كان لجسيمات النيوترينـو كتلة صغيرة فإنها ستتحرك في أول ١٠ آلاف سنـة بعد الانفجـار الكبير بسرعـة تكاد تصل إلى سرعـة الضـوء، مندفعـة إلى الخارج مع الكـون المتمـدد. وإذ يبرد الكون، فـإن جسيمات النيوتـرينـو ذات الكتلة تكـون قد بدأت في تشكيل تجمعات تحت تأثير تجاذبها المتبـادل. وهذه الكتل المتجمعة ستغطي الكون كله. وسوف تتخللها مناطق محلية غير مستقرة تشكل القلب من تجمع المجرات الذي تتكثف منـه المجرات المنفردة. ويسمى هذا السينـاريو بلغـة علماء الفيزيـاء الفلكية بسيناريـو «من أعلى لأسفل» لأن المجـرات الصغيرة تنبثق من التجمعـات الكبيرة. على أن المجـرات في الكـون الحقيقي هي أكثر تباينا مما نتوقع أن تقودنـا إليه محاكاة الكمبيوتر لآلية سيناريو «من أعلى لأسفل».

لقد نجحت النظريات الحديثة عن المادة والقـوى الطبيعية نجاحا رائعا في تـوصيف التجارب التي يتم إجـراؤهـا بالجسيمات تحت الـذرية في معجـلات الجسيمات. والواقع أن العديد من العلماء قـد تشجعوا على تطبيق هذه الأفكار على ظـواهر هي حـاليا خـارج نطـاق تجارب المعمل ولكنها متـاحة في أمـاكن أخرى في الكون. وكمثال على ذلك فإنهم يخرجون بمقولات عويصة عن طبيعة الكون المبكر في الانفجار الكبير الساخن وعن أصل المادة في تلك الفترة.

على أن الأمور لا تتصف كلها بالكمال. فهناك بعـض المشكلات الرياضية الفنية يؤمن الكثير مـن العلماء بأنه يمكن حلها لو كـان هناك وجود لجسيمات ذات كتلـة لم يتم الكشف عنهـا بعـد. وهذه يطلق عليهـا أسماء غـريبـة مثل جسيمات الأكسيـون axions وجسيمات الفوتينـو photino وبوزونـات هيجز والأقطاب الأحادية، وحـاليا فإن التجارب تبحث، أو هي تخطط لتبحث عن

هـذه الجسيمات في المستقبل القـريب. وإلى أن نجـد الدليل على وجـود هـذه الجسيمات فإنها تظل مجرد فـروض، ولكنها إذا كـانت حقيقيـة فإنها تكون قـد تكونت في الانفجار الكبير مع الجسيمات التي تُنشىء في النهـاية ذراتنا. ورغم أنها قد تكون غير شائعة الآن فربما تكون قد تركت حفريات منطبعة في الطريقة التي نشـأ بها الكـــون، وبعـض هـــذه الجسيمات يُتنبأ بأنها أثقـل كثيرا من البروتونات، أثقل منها بـآلاف المرات أو ربما ببلايين المرات. بل إن بعضها قد يكون مستقرا. وفي اللحظات الأولى من الانفجـار الكبير حيث الكون ساخن بما لا يمكن تصـــوره، أي أسخن كثيرا من أي نجـم الآن، فإن أي جسيمات ساخنة سوف تندفع فيما حولها مثل كـل شيء آخر. ولكن الكون بردت حرارته بأسرع مما يبرد قـدح القهوة في سيبيريـا، وبـالتـالي تجمدت الجسيمات الثقيلـة ساكنة خلال ثوان. أما الجسيمات الأخرى الأخف فهي تتجمع لتبني المجرات والنجـوم ثم تبني في النهايـة المادة المألوفـة لنـا اليوم، وأثنـاء ذلك تكون أبنـاء عمومتها من الجسيمات البطيئة قد ترسبـت معا بالجاذبية، لتشكل تكتلات قد تكون في شكـل نجوم كشمسنـا أو قد تنحـو نحوهـا الخاص بها. والحقيقة أن إحـدى النظريـات تقول إن هـذه الكتل الضخمة هي البـذور التي أوقعت في شباكها الجسيمات سريعة الحركة خفيفة الـوزن، أي الإلكترونات والنيوترونات والبروتونـات، لتشكل تجمعات من كل مقـاس، ابتداءً من تجمعـات النجوم حتى تجمعـات المجرات المنفـردة أو مجمـوعـات المجرات. وتنشأ التجمعـات الصغيرة منها أولا ثم تندمج فيما بعد في تجمعـات أكبر. ويعرف هذا السيناريو باسم «من أسفل لأعلى» ويبدو أن هذا هو ما يشبهه الكون الحقيقي.

وعلى ذلك فإن حـركة النجـوم خلال المجـرات تـوحي بأن هناك مـادة مظلمة موجودة فيما حولنا. كما أن توزيع المجرات خلال الكون يشير إلى أن هذه المادة المظلمة تتكون من جسيمات ثقيلـة لم تتم رؤيتها بعد في التجارب

التي تجري في المعجلات ذات الطاقة العالية في معامل العالم. ويعتمد المستقبل، ليس بالنسبة للشمس وحدها بل بالنسبة للمجرات والكون كله، على أشكال للمادة هي غير معروفة. ومستقبل الفيزياء الفلكية وعلم الكونيات سيصل إلى الاعتماد أكثر وأكثر على فيزياء الجسيمات: أي دراسة المكونات الأساسية للمادة.

وتبدو الاكتشافات الحديثة حول سلوك هذه الجسيمات الأساسية منطوية على دلالات مذهلة بالنسبة لمستقبل البنيات ذات المقياس الكبير، بما فيها أنت وأنا.



# الجزء الرابع

# قلب المادة

# الفصل الحادي عشر

# ما مدى استقرار المادة؟

تجمـدت كل الأنهار والبحيرات والمحيطـات في دوي هـائل حينما أسقط العـالم المجنون كـورت فـونجت بضعة جـزئيـات من «ثلج ـ تسعة» في أحـد الجداول. و«ثلج ـ تسعـة» هـو شكـل (افتراضي) من الماء أكثـر استقـرارا من شكل الماء المألـوف، ويتجمد في درجـة حرارة الغـرفة. وتقـول القصة إن الماء العادي هو حـالة ما وراء الاستقرار وأنه يتحـول إلى الشكل المستقر ـ أي «ثلج ـ تسعة» ـ عندما يلاقي أي أثر ضئيل من هذا الثلج.

ولو وضعت «ثلـج ـ تسعة» في كأس ويسكـي وصودا فستحصل في الحال على كأس ويسكي بـالثلج، ولكن إياك أن تشربـه وإلا الماء الذي في جسـدك سوف يتبلمـر في التو. وإذا كـان الماء في حالـة ما وراء الاستقـرار فإن وجـودنا يصبح وجودا منطويا على المخاطر.

وحمدا للـه على أنها روايـة خيـال علمي. ومع ذلك فإن بعـض المنظـرين الفيـزيائيين يـؤمنون بأن الكـون ربما يحتـوي على مادة مشـابهة لثلج ـ تسعـة، تسمى «المادة الغريبـة»، أكثر استقـرارا من المادة التي صنعنا منهـا، إن النوى الـذريـة، أي بـذور المادة، هي مشحـونة كهـربيـا ويمكنهـا أن تجذب المادة الغريبة مثلما يقبض القطبان الشمالي والجنـوبي لمغناطيسين أحدهما على الآخر. وعندها فإن المادة الغـريبة المستقرة سوف تلتهم المادة التقليـدية. وكل الذرات في أي شيء، وليس في الماء فحسب، هي عـرضـة لهذا المصير. فعـالمنـا هـذا يمكن أن ينهار من حولنا بالمعنى الحرفي للكلمة.

إننا على ثقـة كبيرة بشأن الكون الذي يمكننا رؤيتـه : ففي إمكاننا إعـادة إنتاج تفـاصيلـه في العمل ، وأن نرقبـه هكـذا وهـو يعمل في ظروف محكـومـة ، وأن نتنبأ بالكسـوف ، ونبني الآلات التي يمكنها أن تطير عبر الفضـاء ، وكل هذا مـؤسس على فهمنا لقـوانين الفيزيـاء . وبإمكاننا أن ننظـر للضوء الآتي من الأبـراج البعيدة والمجـرات القصيـة ، وستبين لنا البصمات الطيفيـة أن القـوانين نفسهـا تعمل على نطاق الكون . بل ويمكننا أن نتنبأ بموت النجـوم ، ومتى يتفجر أحدها للداخل ، كما في سوبرنوفا ١٩٨٧ ، ويمكننا مراقبته وأن نرى أنه قد سلك كما ينبغي أن يسلك في ضوء نظرياتنا . والمعنى المتضمن في ذلك كلـه هو أن الكون المرئي هناك بالخارج مصنوع من تنويعة الجسيمات نفسها التي صنعنـا منها أنت وأنا ، والموجودة في كل مكان ، أي من إلكترونات وبروتونات ونيوترونات ، ولكنها تتحد معا بطرق مختلفة في درجـات الحرارة والضغـوط المختلفــة . وذلك تعميم رائع ويجب أن يـدرج بين الإنجازات العظيمة للعقل البشري .

ولما كانت المكـونات الأسـاسية متوافـرة هنا على الأرض ، فإن بإمكـاننا أن نـدرسهـا في المعمـل تحت الظـروف التي ستـلاقيهـا في النجــوم ونـرى كيف ستسلك ، بل ويمكننـا أن ندفع بها إلى درجـات الحرارة السائدة في اللحظـات الأولى من وجود الكـون فنتعلم كيف كان أصل المادة المكتلـة . ونحن إذ نفعل ذلك نبدأ في رؤية إشارات على أن الكون الـذي نعرفه ربما لا يشكل سوى جزء صغير من الكل .

لقد ركـزنا في حكايتنا حتى الآن على الكـون بالمعنى الواسع ـــ سلوك المادة المكتلـة التي تتراوح بين الحجـارة الصغيرة في وابل الشهـب مـرورا بـالمذنبـات والكويكبـات وحياة ومـوت النجوم وحتى الحركة الجمـوعية لمجـرات بأسرها . وعندما نظرنـا في هذه الأمور نظرة أكثر قربا بـدأنا نرى دلائل تشير إلى أن هناك فجوات عديدة في معرفتنا . فما الذي يجري عميقا في داخل الشمس؟ وما المادة المظلمة التي تكشـف عن نفسها بدفعهـا للمجرات؟ وهل تلك مشـاكل مثيرة

للاهتمام من الـوجهة العقليـة لكنها بلا أهميـة عملية، أم أنها قـد تنطوي على أخطار تهددنا ؟

إننـا نلاقي بعض المقترحـات بشأن طبيعـة ما يحدث. فـالجسيمات المسماة بـالنيوتـرينـو والآتية من الشمـس تنطوي على دلالـة تفيـد بأن ثمة شيئـا غير موات، ويتركـز الجدل فيما إذا كانت جسيمات النيوتـرينو نفسها هي المسـؤولة عن ذلك أم أن هناك جسيمات مجهولة ثقيلة الوزن (ويمبات Wimps) توجد في مركـز الشمس. ولعل هذه الويمبـات موجودة في الكون كلـه ولعلها المادة المظلمة. ومازال علينـا أن ننتظر لنعرف إذا كانت الأمـور تسير على هذا النحو أم لا، ولكنني أعيد ذكره هنا لأشير إلى التغير في الاتجاه الـذي نوشك أن نتخذه في هذه الحكاية. فقـد بدأنا نركز بدرجـة أقل على المادة المكتلة، وبدرجة أكبر على الجسيمات الصغيرة التي تبني هذه المادة. وبمراقبة جسيمات النيوترينو في المعمل فإننا نأمل أن نـرى ما إذا كانت تسلك سلـوكا شاذا أو لا، وبـالتالي إذا كـانت هي المسـؤولة أم شيء آخـر عن مشكلـة نيوتـرينـو-الشمس. ونحن إذ نصدم عنيفا الإلكترونات أو الجسيمات النووية أحدها بالآخر، يصبح بإمكاننا إنتاج تـركيزات من الطـاقة يمكنها أن تخثـر الجسيمات في أشكال جـديدة من المادة، مثل الـويمبـات، إن كـان لها وجـود. فالجسيمات الأسـاسيـة للكـون انبثقت من الحرارة الشديدة للانفجـار الكبير، وإذا أعدنا خلق هذه الحرارة في المعمل فسنتمكن من رؤية ما جهزته الطبيعة لتقدمه لنا في قائمتها.

وهنـاك بـالفعل أسئلـة محيرة ومـزعجـة قـد أثيرت نتيجـة لهذه البحـوث: هل الجسيمات الأساسية مستقرة أم أن البروتونات تضمحل، وبالتالي فإن الكون يتآكل بإصرار، مهما كـان اضمحلال البروتـونات بطيئـا جدا، والمكـان والزمـان يبدوان بمنزلة الهيكل العظمي الذي يتطور مـن فوقه الكون الحي. فهل يمكن أن يتهاوى المكان ـــ الزمـان؟ هل يمكن أن يتوقف الـزمان ويجري إلى الـوراء أو أن يتواثب في تقطع؟ أو أن تنفصل منطقة من المكان عن ارتبـاطها بمنطقة أخرى بحيث نصبح

معزولين وجـانحين فوق جـزء ضخم من الكون يماثل كتلة جليـد طافيـة وتذوب؟ وإذا كنا جميعا سـلالة لانفجار كبير ابتدائي انبثق من لا شيء، خالقـا معه المكان والزمان؛ فهل يمكن أن يحدث هذا في ثانية خـلال كوننا الحالي؟ ولماذا توجد ثلاثة أبعاد للمكـان، أم أن هناك أبعادا أكثر من تلك المألـوفة لنا؟ هل يمكن أن تـزيد هذه الأبعاد داخل غرفة جلوسك بحيـث إن الأبعاد المألوفة من أعلى وأمام وجانب تتكسر إلى نوع مـن البنية المزبدة غير القـابلة للتصـور؟ هل يمكن أن تكـون هناك أكوان أخرى، لا تُرى، وتعمل في تواز مع كوننا نحن؟ هل هناك نجوم مظلمة هي وكواكبها الخاصة بها في جيرتنا مباشرة؟

هكـذا يثور الجدل حـاليـا حول الكثير من هـذه الأسئلـة. ومنذ سنـوات معـدودة كانت أي قـائمة أسئلـة من هذا النـوع ستنبذ على أنها مجرد أفكـار في رواية خيال علمي. أما اليـوم فإن من الصعب على الإنسان العادي (بل حتى على الكثير من العلماء) أن يعرفـوا أيا من هذه الأسئلة هو علـم جدي وأيها هو خيال روائي واضح.

ويحدث في الـوقت الراهن تغير سينطـوي على مفارقـة. فنحن من ناحيـة نفهـم الكون بأعمق مما فهمناه قط في التاريخ، ولدينا نظريات يمكن اختبارها تبين كيفـ انبثق الكون وكيف سيمـوت؟. إلا أننا أصبحنا أيضـا نعي أننا كلما زاد فهمنا زادت الاحتمالات الغريبة لجهلنا. فالكون قد يكون في الحقيقة أغرب بكثير مما يمكننا أن ندركه.

من هنا سنقوم الآن برحلة داخل المادة لنرى ما الذي تعلمنا إياه عن مصير الكون. ثم نلقي نظـرة على آخر النظريـات ونتعلم أشياء هي أغـرب من رواية خيـال علمي.

## قلب البصلة الكونية

دراسـة الكـون بـالمعنى الـواسع هي دائرة اختصـاص علماء الفيـزيـاء

الكونيـة، وعلماء الفلك، وعلماء الكونيات. وهم قـد شغلوا أنفسهم ببنى Structures تفوق أبعـادها السنـوات الضوئيـة في الامتداد الميكـروسكوبي العجيب للبللورات، والجزيئـات، والذرات، والجسيمات تحت الـذرية. وهذه الجسيمات التي تسمى «الجسيمات الأولية» هي لبنـات البناء المشتركة لكل المادة المعـروفة في الكـون. وهـذا فإننا حتـى نفهم أصولنـا، بل وربما أيضا حتى نرى المفاتيح التي تـؤدي إلى المصير النهائي للكون، فإننا نحتاج إلى دراسة أصغر مكوناته.

هيا خذ نفسا عميقا! لقد استنشقت في التو ذرات الأكسجين التي تنفسها من قبل كل شخص نفخت فيه الحياة. وفي وقت أو آخـر احتوى جسدك على ذرات كـانت ذات مـــرة جـزءا من مـــوسى أو من إسحق نيـوتـن. ويمتـزج الأكسجين مع ذرات الكربون في رئتيك ثم تزفر جزيئات ثاني أكسيد الكربون. ها هي الكيميـاء تعمل. فالنبـاتات ستعيـد تنظيم هذه الـذرات، وتحول ثاني أكسيد الكربون ثانية إلى أكسجين، وفي زمن ما في المستقبل سيستنشق أسلافنا بعضا منه.

ولو أمكن للذرات أن تتكلم فما القصـة التي سترويها لنا. إن بعض ذرات الكربون التي في المداد الموجود فوق هذه الصفحة ربما كانت ذات مرة جزءا من أحـد الدينـاصـورات. وقد تكـون نـوى هذه الـذرات قـد وصلتنا في الأشعـة الكونية، وقد تم اندماجهـا من الهيدروجين والهليوم في نجوم بعيدة بائدة. على أنه أيا كانت تواريخها المختلفة فإن هناك شيئا واحدا مؤكدا. فمعظم المكونات الأساسية لهذه الذرات موجودة منذ الانفجار الكبير الأولي عند بدء الزمان.

فالذرات هي النواتج النهائية المعقـدة للخلق. ومكوناتها الأساسية تخلقت خلال الثواني الأولى من الانفجار الكبير. وقد انقضت آلاف عديدة من السنين قبل أن تتحد هذه الجسيمات لتصنع الذرات. والظروف الباردة التي توجد فيها

الذرات الآن بعيدة كل البعد عن الحرارة الشديدة للانفجار الكبير. وعلى ذلك فحتى نعرف ما هيـة الأصول علينا أن ننظر داخل الـذرات، وأن ندرس بذور المادة هذه.

وإذا أردت أن تـرى مم صنعت الأشيـاء فـإن عليك أن تنظـر إليهـا عن كثب. وأنت تـرى الأشيـاء بأن تسلط عليهـا أشعة سـاطعـة، مثل ضـوء من الشمس أو من مصبـاح ويـرتد الضـوء من هـذه الصفحـة إلى عينيك. ومهما نظـرت عن كثب فـإنك لن تستطيع أن تـرى ذرات الكـربـون في مـداد هـذه الحروف. ومهما كبرتها كما تشاء، فإن رؤية ذلك مستحيلة على الإطلاق.

إن قـوة الميكروسكـوب ليست في قـدرته على تكبير الأشيـاء، وإنما تكمن بالأحرى في قدرتـه على فصل الأشياء التي توجد متقاربة جـدا معا، أي قدرته على تحديـد الأشيـاء. وحتى تـرى الـذرات فإنـه يجب أن تتمكن من فصل الواحدة عن التـالية لها. والضوء المرئي لا يستطيع تحديد مسـافات هي أصغر من نحو جـزء من الألف من الملليمتر. وهناك قـانون في الطبيعة يقـرر أنه كلما كان الشيء أصغـر فإنك تحتاج إلى إشعاع ذي طاقـة أكبر حتى يمكنك تحديد الشيء. ولا يمكنني أن أفسر لماذا يكـون الأمر هكذا؟ فـالطبيعة هـي هكذا. والضوء المرئي ليس فيه الطاقة الكافية لأداء هذه المهمة.

وها هنـا يصبح للميكروسكوب الإلكتروني فـائدته. فبتعجيل حـزم أشعة الإلكترونات بتيار ذي جهد عال يمكن خلق إشعاع قوته كافية لتحديد بنيات صغيرة صغر الذرات.

وهذا هو عالم معجلات الجسيمات ذات الطاقة العالية التي تقوم في المعمل بإعـادة إنتـاج درجـة الحرارة الشديـدة التي في النجـوم، وتخلق أوجـه محاكـاة ضعيفة للانفجار الكبير وذلك في أحجـام صغيرة تصل أبعادها إلى قدر محدود

من الـذرات . والتي يصل طولها إلى أميـال عديـدة ، تقوم بتعجيل أجـزاء من ذرات حتى تتحرك بسرعـة تقارب سرعـة الضوء . وبعـدها فإنها تـرتطم عنيفا بنوى ذرية لمادة تقبع منتظرة عند نهايـة المعجل . وتبين لنا هذه التجارب البنية الداخليـة للنواة الذرية بتفصيل دقيق . وبـذلك نكون حددنـا العمليات التي ينتج عنها تزويد النجوم بالوقود .

وقـد بدأ أحـد معجـلات الإلكترونـات العمل عـام ١٩٦٧ في ستانفـورد بكاليفـورنيا ، وهـو معجل يبلغ طولـه ميلين . ويتم فيه تعجيـل الإلكترونات بطـول الأنبـوب المفـرغ بـاستخـدام مـا يـزيـد على ٢٠ بليـون فـولت . وتبـدأ الإلكترونات رحلتهـا قرب فـالق «سان أنـدرياس» ، ثم تغوص أسفـل طريق عام قبل أن تخرج على بُعد ميلين إلى حظيرة ضخمة حيث توجد خرسانة تحمي البشر من الإشعـاع الشديـد . ويقبع في مسـار الإلكترونات هـدف هو مـادة تفاصيلها الداخلية على وشك أن تتكشف .

والتركيب العميق للمادة يكون في طبقات مثل البصلة . وتتكون الذرات من إلكترونات ذات شحنة سالبة تحيط بنواة مدموجة ذات شحنة موجبة . وتتكون النواة من بروتونات موجبة الشحنة ونيوترونات متعادلة .

وحزمـة أشعة الإلكترونات في ستـانفورد قـوية جدا بحيث إنـه يمكنها أن تكشف ليس عن التفـاصيل الدقيقـة للذرات أو لنوى الـذرات فحسب ، بل وتفاصيل البروتونات والنيوترونات التي تبني النواة أيضا . وهنا أصبح بإمكاننا لأول مرة أن نمعـن النظر داخل البروتـونات! وقـد وجدنـا أن هذه الجسيمات الصغيرة لها تـركيب مفصل خـاص بها . فهي مصنـوعـة من جسيمات أصغـر تسمى «الكاوركات» Quarks (انظر شكل ١١ـ١) . (ويمكنك أن تقرأ قصة هـذه الـرحلـة داخل المادة وأن تـرى صـور الجسيمات في كتـاب «انفجـار الجسيمات» المذكورة في قائمة اقتراحات لمزيد من القراءة) .




شكل (١١—١) بنية المادة الأصغر من الذرة. تتكون الذرات من الكترونات ذات شحنة سالبة تحيط بنواة مدموجة ذات شحنة موجبة. والنواة مبنية من بروتونات موجبة الشحنة ونيوترونات متعادلة كهربيا تساعد على استقرار النواة والبروتونات والنيوترونات تتكون بدورها من مجموعة من الكواركات. والتجارب الحالية لم تجد شيئا أصغر من الالكترونات والكواركات وهذه هي ما اتفق حاليا على أنها الجسيمات الاولية للمادة. وحركة الالكترونات في أطراف الذرة أو ذبذبة البروتونات والنيوترونات في النواة يمكن أن تطلق في شكل (فوتونات) أو في شكل حسيمات متعادلة كهربيا هي جسيمات النيوترينو

وحسب أفضل ما هو متاح حتى الآن من الدقة التجريبية فإنه يبدو أن هذه الكواركات من الإلكترونات هي حجـارة البناء الأساسية للمادة، وقد تشكلت خـلال أول جزء من البليـون من الثـانية من الانفجـار الكبير. إنها الحفريـات التذكارية للخلق.

والواقع أن اكتشـاف الطبقة «الكواركية» للواقع المادي ربما اتضـح ذات يوم أنه المفتاح الحاسم في فتح مغـاليق مفهوم جديـد تماما لقوانين الطبيعة. لقـد غير هذا الاكتشاف من نظـرتنا إلى فيزياء جسيمات الطـاقة العالية وجعلنـا نتبين أنها تعلمنا فحسب الكثير عن تكوين المادة الحالية، وإنها تعلمنـا الكثير أيضا بشأن أصلها، أي أصلنـا «نحن»، في الانفجـار الكبير. كما جعلنـا نعي احتمال وجـود أشكـال جديدة من المادة تستطيع أن تنتشر في الكون وتثير فيـه الاضطراب، وطرح فكرة أن الكون يمكن أن يكون شيئا أكثر هشاشة بكثير مما كنا نتصور.

لقد انبثق الكون من لا مكان فيما يسمى الانفجار الكبير منذ ما يقرب من ١٠ ـ ٢٠ بليون سنة . والمادة التي تملأ السماوات الآن ، والتي تمتد إلى أبعد من أي حدود يمكن أن تصل إليها أقوى التليسكوبات التي حدقنا من خلالها حتى الآن ، هذه المادة كانت في تلك اللحظات الأولى محتواة في كرة صغيرة جدا حتى أنه يمكنك أن تتصور أنها كانت كلها مضغوطة خلال النقطة التي في نهاية هذه الجملة .

وتحت هذه الظروف فإن كل شيء يكون ساخنا بما لا يمكن تصوره . والحرارة لها أشكال كثيرة ، أحدها هو اصطدام كل الفتات والقطع إحداها بالأخرى اصطداما عنيفا جدا . وهذا هو نوع التجارب الذي يجريه الآن علماء فيزياء الجسيمات في العمل . فهم يقومون بتعجيل الجسيمات الأساسية للمادة إلى سرعات عالية ، ثم يصدمونها معا ، يعيدون بذلك في العمل خلق نوع الظروف التي كانت موجودة في الكون في اللحظات التي تلت الانفجار الكبير وإن كان ذلك في حيز صغير من المكان .

ومن دواعي السخرية أنهم يجدون أنه أمر بسيط نسبيا أن نصف القوانين التي كانت تعمل في تلك الظروف الابتدائية والقصوى . على حين تشهد بيئة الأرض الباردة حاليا حدوث ظواهر متنوعة تنوعا واسعا بما يتطلب تنوعا كاملا من القوانين لتوصيفها . ولكن الانفجار الكبير الساخن الأصلي يبدو فيه وجود نوع من الاتساق . يمكن توصيفه بقانون واحد . وهذا الاكتشاف لاحتمال وجود نظرية موحدة هو ما يثير همم الفيزيائيين حاليا ويتيح لهم استنتاج نماذج لحياة الكون كلها .

إن لكل حضارة نظريتها المفضلة عن الكون ، وبعض هذه النظريات شكلت الأساس لديانات بأسرها . والملمح المهم والجديد في نظريتنا الحديثة هو أنها يمكن اختبارها في المعمل . فإذا فشلت فإنها تصبح غير ذات فائدة

ويجب إهمالها. وحتى الآن فإنها قد صمدت للاختبار. بل إنها يمكن أن تكون صحيحة. وتلك هي الصورة التي ترسمها لأصولنا، ولمستقبلنا.

## أصل المادة

لا تزال حرارة الانفجار الكبير الأصلي باقية، تغمر الكون كله بالجذوات الخامدة لوهجها. وقد ظل الكون شفافا لهذا الإشعاع لنحو ٧٠٠ألف سنة بعد الانفجار الكبير. ومنذ ذلك الوقت أخذت المادة تتكتل معا في نجوم ومجرات. وأثناء ذلك استمر الإشعاع يتمدد ويبرد. وهو الآن عند درجة حرارة ـ ٢٧٠ مئوية، أي أعلى من الصفر المطلق بثلاث درجات. وهذا «الإشعاع الميكروويفي ذو الدرجات الثلاث»، هو درجة الحرارة التي تكتنف خلفية الكون.

ويهب هذا الإشعاع على جسيمات المادة التي تشكل البنيات ذات المقياس الكبير في السماوات. وهذه البنيات مكونة في النهاية من الإلكترونات والكواركات (بذور النوى الذرية)، وأشياء أخرى قليلة، تندمج كلها معا في الحرارة الأولية للانفجار الكبير عندما تكون درجة الحرارة بلايين عديدة من الدرجات. وتتخثر الطاقات إلى جسيمات وضديد الجسيمات؛ أي كيانات من الكتلة نفسها، ولكن فيها شحنة كهربائية مضادة للجسيم المناظر. وهكذا فإن الإلكترون ذا الشحنة السالبة يتشكل ومعه نظيره ذو الشحنة الموجبة أي البوزيترون. وبالمثل فإن الكواركات، التي تتجمع معا فيما بعد لتشكل البروتونات والنيوترونات، يتم تشكيلها ومعها ضديدات الكواركات (التي يصنع منها ضديدات البروتونات وضديدات النيوترونات). والإلكترونات إذ تحيط بالبروتونات تصنع ذرات المادة، والبوزيترونات إذ تحيط بضديدات البروتونات وضديدات النيوترونات تصنع ذرات ضديد المادة.

وها هنا نلتقي بأحد أسرار الطبيعة.

إن الجاذبيـــة تجذب بإصرار كل شيء آخـــر. وهي تمسك بأرجلنـــا فـــوق الأرض. وإذا كـانت أجسادنـا تظل متماسكة معـا، بدلا من أن تتهـاوى على الأرض في كومـة من تراب، فإن هذا يـرجع في جزء منـه إلى القوى الكهربـائية الشـديـدة الموجـودة من داخـل ذراتنـا. ووجـود المادة المكتلـة إنما هـو نتيجـة للتجـاذبـات مـا بين الجسيمات ذات الشحنـات المضـــادة، خـاصـة مـا بين الإلكترونات السالبة الشحنة والبروتونات الموجبة في الذرات المتعادلة.

ومن الحقـائق المهمـــة في الحيـاة أن الـذرات التي تحوي العـــدد نفســه من الإلكترونات والبروتونات هـي ككل متعادلة كهربائيا. فـالشحنة السالبة على الإلكترونات توازن بالضبط الشحنـة الموجبة التي على البروتون. ولكن هب أن الطبيعـة قـد قلبت وضع الشحنـات بحيـث أصبحت الإلكترونـات مـوجبـة الشحنة والبروتـونات سـالبة الشحنة. ستظل الـذرات متعادلـة وستبدو المادة المتكتلة بالضبط بمثل مـا تبدو عليه في العالم الواقعي. ولـو كنا مصنوعين من «ضديـد المادة» هذا، فستكـون الفيزياء مطـابقة لما هي عليـه في الواقع حيث نكون مصنوعين من المادة.

ولابـد أن حــرارة الانفجـار الكبير قـــد صنعت الجسيمات وضـــديـدات الجسيمات بكميات متساوية، ويمكننا حتـى أن نعيد إنتاج هذه العمليات في المعمل وأن نصورهـا ضوئيا. والمادة وضديـد المادة يفني أحدهما الآخر عنـدما يلتقيان، إلا أنه قد حدث على نحو مـا أن بقي فائض من المادة بعد هذا اللقاء الجائح. وهذا الفائض هو ما يكوّن الكون المرئي.

ولو كـان ضديد المادة موجـودا بقـــدر كبير فلا بد أن هنـاك سطحـــا بينيا Interface يفصل بين منـاطق الكون المصنوعـة من المادة وتلك المصنوعـة من ضديد المادة. وسيحدث عند هذا السطح البيني إبادات عنيفة تدور باستمرار وتفجرات شـديدة من أشعـة جاما التي تنبعث نتيجـة لذلك. ومـا كان علماء

الفلك ليفشلوا في رؤية تلك الأمور، ولكن أحدا لم يعثر على أي شيء منها. ويبدو أننا آمنون على الأقل من التعرض لهذا النوع من أنواع الإبادة (بالمعنى الحرفي). وليس مما هو محتمل أن تتساقط قطع من ضديد المادة كالمطر في السماوات، لتطهو الأرض في أشعة جاما.

أما هنا على الأرض فإن صنع عدد كبير من ضديدات الجسيمات هو عمل يستغرق وقتا طويلا. فبعد عمل استغرق عدة سنوات بالمركز الأوروبي للبحوث النووية في جنيف، وهو المركز الأول في العالم لصنع ضديدات الجسيمات، أمكن للعلماء أن يصنعوا ما يقل عن جزء من البليون من الجرام. وهكذا فإن صنع قدر كاف لقنبلة واحدة من ضديد المادة سوف يستغرق آلافا عديدة من السنين هذا إذا افترضنا أننا سوف نستطيع حفظ ضديد المادة لهذا الزمن الطويل في بيئة معادية من المادة التي تحيط في كل مكان بضديدها. ومن ثم فإنه يمكننا أن نسقط بكل اطمئنان من حسابنا قصص وسائل الإعلام عن قنابل ضديد المادة، أو ما يسمونه «الأسلحة النهائية».

تقترح النظريات الحديثة إجابة عن ذلك. فقد لاحظ الفيزيائيون خلال دراستهم لسلوك الجسيمات تحت الذرية أن بعض الجسيمات المعروفة «بالكاونات» Kaons تميز فيما يبدو بين المادة وضديدها، فكاونات المادة وكاونات ضديد المادة تتصرف تصرفات فيها اختلاف بسيط. وفهمنا لهذا يطرح فكرة أنه تم أثناء الانفجار الكبير ضم بروتونات المادة معا بأسرع قليلا من صورها الضديدة للمادة ـ أي ضديدات البروتونات، وأدى هذا إلى فائض صاف الآن ـ فالمجرات المصنوعة من المادة هي ما تخلف من قدر «ضئيل» من عدم التوازن بين الجسيمات وضديدات الجسيمات. ولابد أن الانفجار الكبير كان ضخما إلى حد يفوق التصور!

والمعنى المتضمن في هذه النظرية هو أنه إذا كانت البروتونات قد «ضمت

معا» على هـذا النحو فإنها يمكنها أيضـا أن تنفصل عن بعضها البعض وبهذا تكون البروتونات غير مستقرة .

والآن ، حيث إن نـوى كل ذرة في أجسـادنـا تحوي بروتـونـات ، فـربما أصـابك العجب من كيفيـة بقـائنـا ها هنـا حتى الآن . والإجـابـة هي أن البروتونات مستقـرة «تقريبا» ، ويمكـن تقدير عمـر النصف بالنسبة لها بما يقـرب من $١٠^{٣٢}$ سنة . وهـذا يعني أنه إذا كان لديك مجمـوعة كبيرة من البروتونات ، فـإن نصفها سوف يتم اضمحلالها بعـد أن ينقضي هذا القدر من الزمـان . ولما كان الكون موجـودا هنا منذ $١٠^{١٠}$ سنـة فحسب ـ أي مجرد جزء من عشرة آلاف من بليون البليون من عمر النصف للبروتون ـ فإن معظم البروتونات لاتزال حية وفي أحسن حال .

وحتى مع هـذا الاستقـرار المذهل فإن الفيـزيـائيين مـازالـوا يأملـون في أن يتمكنـوا من اختبار هـذه النظـرية وأن تقـع أعينهم على ذلك البروتون النـادر الذي يمـوت قبل أوانه . إن حمام السباحـة الكبير المليء بالميـاه يوجد فيـه عدد كبير من البروتـونـات ـ ما يـزيد على $١٠^{٣٢}$ ـ بحيث إنه يمكـن من الوجهـة الإحصائيـة أن يضمحل فيه برتـون واحد أو اثنـان في العام الواحـد . وقد بنى الفيزيائيون خزانات هائلة للمياه وأحاطوها بالكشافات على أمل الكشف عن وميض الضوء الذي يحدث عندما يموت أحـد البروتونات . وقد وضعت هذه الخزانـات تحت الأرض بعيدا عن أي تأثيرات شـاردة ، مثل ذلك المطر الـدائم من الجسيمات الـذريـة التي تصـدم طبقـات الجو العليـا لـلأرض ويمكن أن تحاكي وميض بروتون يضمحل . وثمـة بعض إشارات محيرة ولكن ما من دليل واضح بعد .

وإذا تم للفيـزيائيين الكشف بصـورة مـؤكدة عـن بروتـون يضمحل فإنهم سيكونون قـد حصلوا على أول إشارة على أن المادة تتآكل ، وبالتالي يكـونون قد

رأوا أول لمحة من الكون وهو يموت . وأنت أثناء القرن الذي ربما تستغرقه حياتك قد يضمحل في جسدك بروتون أو بروتونان، ولكنك لن تلحظ ذلك . على أن هذا التآكل لبذور المادة سيصبح ملحوظا أكثر في أعماق المستقبل . فهو بمنزلة سرطان يظل يلتهم وئيدا نسيج الكون .

وإذا كان هناك قدر كاف من الكتلة فيما حولنا فإن الكون سوف يصبح أبطأ حركة ثم يتقلص بتأثير وزنه هو نفسه . وأي من هذه الاحتمالات له نتائجه بالنسبة لاحتمالات بقائنا نحن . فالتقلص في إعادة ساخنة للانفجار الكبير، ولكن في الاتجاه المعاكس، هو احتمال مروع . أما التمدد البارد حتى الأبدية مع تآكل مكونات المادة فإنه يبدو مصيرا كئيبا ، ولكنه قد يكون مما يمكن البقاء بعده!

## الطريق إلى الأبدية

إذا كان الكون مفتوحا ، أو حتى إذا كان منغلقا ويعيش زمنا طويلا قبل أن يبدأ تقلصه ، فإن زوال المادة في النهاية هو أمر أكيد . وحتى لو كانت البروتونات مستقرة على مدى زمني يبلغ $١٠^{٣٢}$ سنة فإنها في النهاية ستضمحل بفضل تدخل ميكانيكا الكم . فنظرية الكم تعني ضمنا أنك لو انتظرت زمنا كافيا فإن أي شيء يمكن أن يحدث . وفي حالة البروتون فإنها تدل ضمنا على أنه يحدث مرة كل فترة طويلة جدا أن يشكل أحد البروتونات تلقائيا ثقبا أسود ويختفي . وهذه الفترات الطويلة جدا تحدث في المتوسط كل $١٠^{٥٤}$ سنة ، وبالقياس بالأبدية فإنها فترة زمنية ضئيلة .

ولما كان من المؤكد أن المادة ستضمحل ، فسيكون علينا أن نغير شكلنا إن كان لنا أن نبقى . فالمادة التي تكوّن الحياة كما نعرفها ستفنى كلها ولن يتبقى منها شيء لتتنسل منه الأجيال اللاحقة . وأحد الاحتمالات هو أن نكتشف طريقة لوقف العملية أو لعكسها . ولما كان هذا يتطلب أن نكتشف قوانين هي حتى الآن مجهولة لنا ، فإننا لا نملك الآن أي فكرة عما

إذا كان هذا ممكنا من حيث المبدأ، وبـالتالي يكون من الواقعي أن نتفكر في هذا الأمر هنا.

لقـد تأتت هذه التبصرات نتيجـة لتجـارب عنيت بالحرارة القصـوى التي سادت في الانفجار الكبير. ومن دواعي السخرية أن وصف اللحظات الأخيرة للكـون يتطلب فهما متـزايـدا للعمليـات الفيـزيـائيـة التي حكمت نشأتـه. والجاذبية، أي إطار المكان والزمان، هي التي تحكمت منذ البداية، وهي التي ستتدخل عندما يزول كل شيء سواها.

في اللحظـات الأولى أنتجت الحرارة بـلازمـا من الكـواركـات سرعـان مـا تجمعت في بروتـونات ونيوتـرونات شكلت نـوى الذرات عندمـا بردت الحرارة فأصبحت مجرد بليون من الدرجات. وهذه الظروف مازالت موجودة في النجوم وقد أصبح توفيرها ممكنا منذ سنـوات عديدة في التجارب التي تجرى في معامل معجلات الجسيمات.

وقد مكنتنا هذه التجارب من دراسة الفيـزياء النووية وأن نعرف الكثير عن ديناميكا النجوم.

وهذا التعايش بـالتكافل بين الفيزياء النـووية في المعمل وتحقيقها الطبيعي في النجـوم هـو الخطـوة الأولى في تـوحيـد العلـوم الميكـروسكـوبيـة والماكروسكوبية*، هذا التوحيد الذي بلغ حاليا أوج نشاطه.

وتعمل الطبيعة على المستوى الميكروسكوبي وتحقق أهدافها بأن تبني بنيات ماكروسكوبية تنفذ فيها مخططها. وفي النطاق البشري تعمل الحياة على مستوى الخلايا، وتعمل كيمياء الحمض النووي D.N.A داخل «عـائل» على مستوى ماكـروسكوبي، فلسنـا سوى جزئيـات ضخمة بـالغة التعقيـد، والنجوم هي

* العلـوم الميكـروسكـوبيـة أو المجهـريـة هي التي تـدرس الجسيمات الصغيرة بينما تـدرس العلـوم الماكروسكوبية الأجسام التي ترى بالعين المجردة

تجمعات من جسيمات منفردة من بروتونات ونيوترونات وإلكترونات تحقق تحولاتها الفردية المشعة. والكون الماكروسكوبي بأسره يتشكل ويعمل في واقع الأمر من خلال تفاعلات وقوانين أساسية جميلة على المستوى الذري، بل وما وراءه. وكان سبر غور هذه التفاعلات والقوانين أكثر كلما زاد ثراء وعينا باحتمالات استثمار ذلك.

إننا نعرف عن أساليب تطور النجوم مايكفي لأن نكون واثقين من أنها ستعيش فحسب وجودا سريع الزوال في كون باق أبدا. والكون يبلغ عمره حتى الآن ٢٠ بليون سنة. وفي عشرين بليون سنة أخرى ستكون بعض النجوم الجديدة قد ولدت ـ هناك نجوم كثيرة يتم اندماجها في الوقت الراهن في برج «حزام الجبار» بينما ستموت نجوم أخرى. والنجوم التي مثل شمسنا سوف تستنفد ذخيرتها من الوقود الهيدروجيني بعد خمسة بلايين عام أخرى.

ومما يهمنا كسكان لهذا الكوكب أن الشمس سوف تنكمش عندها، فتزيد سخونة وتتمدد إلى عملاق أحمر يبخر الكواكب الداخلية والريح التي ستنطلق من ذلك سوف تبخر الكواكب الخارجية. وصورة السديم الكواكبي في برج القيثارة تبين لنا ماسوف يتبقى منا.

ومن المأمول أننا سنكون في ذلك الوقت قد استعمرنا منظومة كواكبية أكثر سلامة لنا، يتم إمدادها بالوقود من نجم من التتالي الرئيسي. ولكن فلنذكر مرة أخرى بأن هذه القصة لن تتحقق إلا بعد مرور بضعة بلايين أخرى من السنين.

ومشاريع الترحال البدوية هذه يمكن أن تظل مستمرة لمدة لعلها تصل إلى ٥٠ بليون سنة، إذ يصل نجم «جديد» بعد الآخر إلى نهايته في التتالي الرئيسي. إلا أنه سيبدأ ظهور تغير حقيقي بعد مائة بليون سنة. وعندها ينبغي أن يترك الميدان أولئك الذين هم مرضى برهاب الخلاء. فالكون سيكون وقتها قد تمدد كثيرا حتى أصبحت المجرات متباعدة أقصى التباعد. وسيصبح شيئا لا يكاد

يرى حتى مع استخدام أكبر التليسكوبات . كما أن محتويات هذه المجرات يصيبها التغير. فالنجوم تحترق لتفنى ولا يبقى شيء ليحل محلها . ويستنفد كل نجم وقوده الاندماجي ويتقلص بتأثير وزنه هو نفسه ، ليصبح كرة باردة مظلمة ، أو نارا خمدت .

أما نجوم النيوترون - أي بقايا الشموس الأثقل - فستكون نادرة نوعا ، وأكثرها شيوعا هي بقايا النجوم الصغيرة - أي الأقزام البيضاء - وهي كرات من إلكترونات ونوى مستهلكة في حجم أرضنا الحالية . وهناك أيضا الثقوب السوداء ؛ وهي أندر الكل ، ولكنها ستفوق كثيرا ماهو موجود الآن . ولعل المدنيات المتقدمة سوف تلعب لعبة الروليت الروسي* بأن تعيش على حافة ثقب أسود وتستقي طاقتها منه .

وسوف تظل بعض المنظومات الكواكبية باقية . وتستطيع البقايا المتفحمة للكواكب الخارجية أن تظل باقية رغم تفجرات العمالقة الحمر. ويعتمد الأمر كثيرا على ما تتكون منه المنظومة الكواكبية ، وعلى حجم الكواكب ومسافة بعدها عن شمسها .

ولو انتظرت زمنا كافيا فعندها ستصبح حتى الأحداث غير المحتملة أمرا أكيدا . فسوف تمر النجوم الميتة أحدها بالآخر على مسافة جد قريبة بحيث تفشل في الاستمساك بكواكبها . وسوف تنفصل هذه الكواكب وتنجرف بعيدا لتنطلق حرة خلال الفراغ . بل إن المجرات سوف تتمزق بددا إذ تصطدم . ومرة أخرى فإن هذا أمر نادر إلى أقصى درجة ، ولكننا لدينا الوقت كل الوقت في هذا الكون .

سوف يتبخر من المجرات مايقرب من ٩٠ - ٩٩ في المائة من النجوم مخلفة

* الروليت الروسي لعبة رهان انتحارية ، فتوضع رصاصة واحدة في ساقية مسدس طبنجة ويتبارى المتراهنون بأن يطلق كل لاعب المسدس على رأسه ، فيموت من يتصادف أن توجد الطلقة في الخانة التي يطلقها على نفسه (المترجم) .

رشاشا متجانسا من فتات أو قطع فيها حول الكون. أما نسبة (١ ـ ١٠ في المائة) الباقية من النجوم فإنها سوف تنشدّ إلى الداخل وتتجمع في مراكز المجرات، مشكّلة ثقوبا سوداء عملاقة. وهذا ما ستبدو عليه الأمور بعد $١٠^{١٩}$ سنة ـ وهو زمن أطول ١٠٠٠ مليون مرة من الزمن الممتد من الانفجار الكبير حتى الآن. وعند هذا المدى من الزمان ستبرد نجوم النيوترون لتصبح درجة حرارتها فوق الصفر المطلق بمائة درجة فحسب، أي أن حرارتها ستكون ـ ١٧٣ درجة مئوية. وإذا كانت هناك أي كواكب تدور في فلكها فإنها ستشع موجات جذبية وتتحلل بعد $١٠^{٢٠}$ سنة.

أما إشعاع الخلفية الميكروويفي فستكون درجة حرارته فوق الصفر في حدود جزء من عشرة آلاف من البليون من الدرجة المئوية. ويكون الكون خلاء شاسعا من لا شيء. فليس من مجرات وإنما توجد نجوم فحسب. نجوم موحشة ليس لها كواكب. فما كانت ذات يوم كواكب سيّارة تصبح الآن أجداثا ميتة تقذف بها الجاذبية بعيدا، لتهيم بصورة عشوائية. هائمون موتى ومشردون بلا هدف في الفراغ. فما الذي تبقى هناك للكون؟

يبدأ ظهور البروتونات المضمحلة بعدد قليل. ويضمحل منها عدد كاف منتجا إشعاعا تمده بالقليل الضئيل من «الدفء» ـ كسر من درجة الحرارة يعلو ذلك البرد الأقصى ـ ومن الممكن أن تظل الحرارة السائدة في البيئة عند هذا المستوى الضئيل لمدة $١٠^{٣٠}$ سنة أخرى. وهكذا سيكون هناك قدر من الدفء المحلي يمكن لأفراد سلالتنا أن يستغلوه. ويكون تركيب الكون هو ٩٠ في المائة نجوما ميتة، و٩ في المائة ثقوبا سوداء، وواحد في المائة هيدروجين وهليوم ذريين.

ثم يستمر اضمحلال البروتونات بكل جدية مما ينتج عنه موت كيانات بأسرها. وإذ يضمحل الكربون فإنه سرعان ما تفنى كل أشكال الحياة المؤسسة على الكربون: فحتى الماسات لن تدوم للأبد!

ومدى الزمان حتى ذلك العهد مقارنا بزماننا الحالي يكون بمثل مقارنة عمر الكون الحالي بنبضة قلب واحدة.

وعندما يحل ذلـك الوقت سيكون على أفراد سـلالتنا أن يتغيروا إلى أشكال أخرى. فمع اضمحـلال البروتونات يمـوت الكربون هـو وكل المادة الأخرى التي تصنع الجنس البشري Homo Sapeıns. وحيث إننا لا نعود بعد في إسار المواد المختارة للطبيعـة، فإنه يجب علينا أن نستغـل القوانين الطبيعية لصنـاعة أشكـال جـديدة ولاستخـدام مـا يتبقى من القـديم. وسـوف يتم استخـدام الاكتشافات التي تمت في فيزياء الجسيمات؛ وربما انبثقت فرص جديدة إذ يتم تغيير النسيج نفسه الذي يصنع منه الكون.

وإذا لم نتمكن من صنع أشكـال جديـدة من المادة، فإن النتيجة النهـائية لاضمحـلال البروتـونـات ستكـون كـونـاً يحوي إلكترونـات وبـوزيترونـات وجسيمات نيوترينـو وفوتونات. وستكون هـذه الجسيمات هي صندوق أدواتنا الأساسي الـذي نستخدمـه للبقاء. ولفريمان ديسمـون بعض الأفكار البـارعة حول استمرار الحيـاة والمعلومات حتى في هذه الظروف المتطـرفة (انظر الفصل الثالث عشر).

وستكـون المسافـة مـا بين كل إلكترون وبوزيترون أعظـم من القطـر الحالي لدرب التبانة. إذ سيكون الكون أكبر مما هـو عليه الآن بمائة مليون تريليون مرة ($١٠^{٢٠}$)، وحتى هذا ليس هو النهاية.

وحسب مايقول عالم الفيزيـاء ستيفن هوكنج، فإن الثقوب السوداء ليست سـوداء بالكليـة وإنما هي تشع طـاقة ومـادة. وقـد يمدنـا هـذا بما يلزمنـا من ماديات لو عشنـا بالقرب من حرف ثقب أسود ـ فلو ألقينـا بنفاياتنا في الثقب فإنه سيجـزينا عنهـا بالطـاقة والمادة. وهكذا فـربما لا تزال أمـامنا بعـد فرص غـريبة. وفي النهـاية فإنـه حتى أكبر الثقـوب السوداء في التجمعـات الفائقـة

سوف يصيبها التبخر حسب عملية هـوكنج وسوف تضمحل أيضا البروتونات الجديدة التي يتم إنتاجها هكذا.

وقد حسب أحدهم أننا لو بقينا بعـد هذا كله، فإن أفراد سلالتنا (إن كان لهم وجود) سـوف يلاقون سلالات أخـرى نشأت مستقلة على كوكب بعيـد. وسيكون هذا بعد $١٠^{٣٠٠}$ سنة. فكيف لنا أن نتأمل في فترات زمنية على مثل هذا المدى من البعد؟ لو كان هناك مخلوقات مازالت باقية وقتها، هل سيكون «الآن» له أي معنى بـالنسبة لهم؟ هل سيظل بتهـوفن ومـوزار وباخ رمـوزا في رسـالة لها معنى في هـذا المستقبل البعيـد؟على أن ذلك أمر يقع على بعـد زمني أطـول كثيرا من أن يكون لـه أهمية سـوى الأهمية الفكرية. لكن النظـريات الحديثة تطرح مخاطـر بشأن تكوين المادة يمكن أن تهددنا الآن أو خلال سنوات معدودة.

## أغرب من روايات الخيال العلمي

تبحث الطبيعـة دائما عن أكثر الأشكـال استقرارا: فالماء ينسـاب لأسفل، وبعض الذرات تبث نشاطا إشعاعيـا لتصل إلى أشكال أكثر استقرارا. ونحن قد صنعنا من أكثر المواد استقرارا فيما حولنا ـ ذرات إلكتروناتها تحيط بنواة ذات شحنة إيجابية مصنوعة من نيوترونات وبروتونات.

ورغم أن تلك هي أكثـر المواد استقرارا فيما حـولنا هنا على الأرض فـإنها قد لا تكون أكثرها استقرارا في كل مكان. وبعض المنظّرين من العلماء يشكوّن في أنه ربما توجـد «مادة غريبة» يمكنهـا أن تسبب بدء انهيار المادة العـادية لو أنها وصلت إلى أن تلامسنا.

إن هناك قوة جذب شديدة تمسك بـالنيوترونات والبروتونات، فتبني تلك النـوى التي هي في القلب من الـذرات بناءً محكما. ونـواة أبسط العنـاصر، أي الهيدروجين، تتكون من بـروتون وحيد، بينما يتجمع مايصل إلى ٢٥٠ نيـوترونا وبروتونا لتشكل نواة أثقل العناصر.

وتحمل البروتونـات شحنة إيجابية، وهكذا فـإن كلا منها يتنافـر مع الآخر تنافـرا متبادلا، بما يسبب عدم استقـرار النواة. والنيـوترونات كما يـدل اسمها متعـادلـة، ولا تمارس هذا الإيقـاع في الفـوضى، وهي تتكتل بسهـولـة أكبر. وتستطيع كميـات ضخمـة من النيـوتـرونـات أن تتكتل معـا لتشكل نجـوم نيوترون، وهي بمنزلة نوى عملاقة تتكون من ١٠^٥٧ نيوترون. وهناك شكلان معروفان للمادة النووية: تجمعات تصل إلى ٢٥٠ مـن النيوترونات والبروتونات أو مـايقـارب هـذا العـدد، مشكّلـة عنـاصر الجدول الـدوري، ثم هنـاك التجمعات العملاقـة التي تشكل نجوم النيوترون. وقد ظللنـا طيلة عقود من السنين ونحن نعتقـد أن كـل المادة التي في الكـون هي من هـذا النـوع أو من الآخر. وقد تكـون نجوم النيوترون شيئـا غريبا بالنظـر إلى الظروف الهادئة نسبيا فيما حول هذا الجزء مـن المجرة، ولكنها مصنوعة من المادة نفسهـا التي صنعنا منها نحن في صميمنا.

أمـا «المادة الغريبـة» التي تثير انفعـال العلماء المنظريـن فهي أمر مختلف تمامـا. ولفهم أصل الفكرة علينا أن نرجع إلى عام ١٩٤٧ حينما وصلت أول إشارات للأرض على أن في الكون أنواعا من المادة أكثر مما رأيناه حتى ذلك الوقت على الأرض.

على بعـد ١٠ أميال فـوق رؤوسنا تتعـرض طبقـات الجو الخارجية لقـذف مستمر بالفـوتونات والجسيمات تحت الذرية. وتغطي الفـوتونات كل الطيف الخاص بالإشعاع الكهرومغناطيسي، ابتداءً من موجات الراديو ومرورا بالضوء المرئي ووصـولا إلى أشعة جـاما. ومعظم الجسيمات الأخـرى هي نوى ذريـة. وهذه يتم إنتـاجها في نجوم بعيدة، ويتـم تعجيلها بالمجالات المغنـاطيسية في الفضـاء، وتصطـدم عنيفا في الجو بطـاقة مقـدارها مـلايين المرات من الطـاقة المنطلقة من المصادر المشعة.

بعد نهاية الحرب العالمية الثانية، كـانت هناك حاجة ملحة إلى فهم تركيب نوى

الـذرات . وكانت الأشعـة الكـونية أداة مثـاليـة للـوصول إلى هـذا المطلب : فهي تستطيع أن تمزق النوى إلى شظايا بل وأن تترك حتى في الصور الضوئية سجلا دائما لما يحدث . وأخذ كثير مـن العلماء يصعدون الجبـال أو يرسلـون أفلام التصـوير في بالونـات لتسجيل الأشعات الآتية من خارج الأرض . وعندما تمر الأشعـة الكونية من خـلال غرفـة صغيرة مملـوءة بهواء فـوق المشبع (وهي تسمى بغـرفة السحـاب لأسبـاب واضحـة)، فإنها تخلف ذيـلا من القطـرات يشبـه الـذيل الـذي تخلفـه الطـائرات الحديثـة التي تطير عـاليا . ويمكـن للكاميرا أن تسجل هـذه الـذيـول للأجيال القادمة . وهناك طريقة أكثر مباشرة وهي إرسال صفحات من مستحلب التصوير عاليا في بالونات وإذا مزق شعاع كوني إحدى نويات ذرات البرومين التي في المستحلب فإنها ستلتقط صـورة لنفسهـا بـالمعنى الحرفي للكلمة ، وتظهـر هـذه الصـورة عنـد تحميض المستحلب . وكنتيجـة لمئـــات كثيرة من مثل هـذه الصـور تكشف تركيب المادة على نحو لم يحدث من قبل .

وذات يوم من عام ١٩٤٧ اكتشف كلود بتلر وجورج روشستر، من جامعة مـانشستر، ذيـلا في إحدى الصـور الضـوئيـة يختلف عن أي شيء سبقت لهما رؤيتـه . والآن أصبحنـا نحن نعـرف أن ذلك كـان أول مثـال مسجل «لجسيم غريب» ليس له أي نظير على الأرض . فذراتنـا تتكون من إلكترونات تدور في دوامة من حـول نواة تحوي نيوتـرونات وبروتـونات ، والجسيمات الغريبـة تشبه النيوترونات والبروتونات ، ولكنها أثقل نوعا وهي غير مستقرة بطبيعتها .

وقد تبدت هـذه اللمحة عن أشكال من المادة تتجاوز مـا نعرف في الوقت نفسه تماما الـذي كان علماء الفيزياء النووية يبنـون فيه أول الآلات الهائلة التي «تسحق الذرة» ، وهي آلات تعجل الجسيمات تحت الذرية ، مثل البروتونات ، لتصل سرعتها إلى سرعة تقـارب سرعة الضوء ، ويمكن لهذه الآلات أن تحدث تأثيرات مماثلة لتأثيرات الأشعة الكونيـة . وعندما تصطدم هذه الجسيمات التي تتحـرك سريعـا بنـوى ذريـة في مسـارهـا ، يتـــدفق للخـارج زخم هـائل من

الجسيمات. ويتضمن هذا الزخم جسيمات غـريبة تشكلت مـادتها من طاقـة الاصطدام (هنا تمارس معادلة أينشتين الحاضرة دائما: الطاقة = الكتلة × مربع سرعة الضوء $E=M C^2$ ، عملها مرة أخرى).

إن الأشعة الكونية الواسعة الانتشار لم ينتج عنها سوى حفنة ضئيلة من الأمثلة للجسيمات الغـريبة، أمـا الاصطـدامـات المكثفة التـي تحدث في المعجلات فقـد أنتجتها بـالآلاف. وسرعان ما أصبحت الجسيمات الغـريبة مألـوفة مثل الجسيمات التقليدية كالإلكترونات والكواركات التي تصنع المادة فيما حولنا وداخلنا.

والجسيمات الغريبة مصنوعة أيضا من الكـواركات، ولكنها تحوي نوعا من الكواركات يسمى الكوارك الغريب، وهو لا يوجد في البروتونات والنيوترونات الموجودة في نوى ذراتنا. ولكن لماذا يتعين ألا تكون الطبيعـة قانعة بالحد الأدنى من الغذاء الذي يصنع المادة المستقـرة التي يبدو أن الأرض والنجوم سعيدة بها أيما سعادة، ذلك سـؤال لا نعرف له إجابة حتى الآن. على أنـه كان السبب، فما من شك في أن الطبيعـة تستطيع أن تستخـدم الكـواركات الغـريبـة، وهي تستخدمها بالفعل، في بناء جسيمات غريبة وتجمعات، حسبما يخمن المنظرون من العلماء تسمى «المادة الغريبة».

والجسيمات الغـريبة المفـردة أثقل من النيـوترونـات المفردة وتنـزع إلى ألا تعيش طـويـلا جدا، إذ تتحلـل إلى تلك البذور الأخف والأكثـر استقـرارا التي في نـوى ذراتنا. على أن المعـادلات التي تصف الكواركات الغريبـة تشير إلى أن التجمعات التي تحوي أعـدادا كبيرة منها ربما تكـون، على نحـو ينطـوي على المفارقـة، أخف وأكثر استقرارا من الحديـد ـ وهو أكثر نوى الذرات المعـروفة استقرارا، فهذه «المادة الغريبة» يمكن أن تكون أكثر أشكـال المادة المتكتلة استقرارا وهي بذلك قد تسبب تغير نوى ذراتنا إلى الشكل الغريب لو أنها لاقتها!

لقد فهمنـا بصورة أفضـل، عندما عثـرنا على الكـواركات التي هـي بذور

الجسيمات النوويـة ونوى الذرات، السبـب في أن نويات معينـة لها وجود بينما هناك نوى أخرى لا وجود لها، كما أمكننـا أن نتوقع وجود أشكال من النوى لم تتم رؤيتها بعد. ومن المحتمل أن تكون هنـاك في مكان بعيد في الفضاء نجوم عجيبة تنضغط فيها البروتونات في بلازما هائلة من الكواركات حيث لا يمكن تمييز نيوترونات منفردة. وما من أحد على ثقة من أن هذا يحدث أو لا يحدث؛ فمازالت أمور كثيرة تجري «هناك في الخارج» ولا نعلم عنها شيئا.

وإذا كانت المادة الغـريبة موجـودة فعلا، فإن ثمة إجماعـا في الرأي بين العلماء على أن الإلكترونـات التي تحيط بالنـوى الغريبـة ستحمي نوى ذراتنـا من الشكل الغريب. وبالتالي فإن من الممكن أن تنجو ذراتنا هي والذرات الغريبة مع حدوث تفـاعـلات كيميائيـة «غير ضـارة» تشمل الإلكترونـات التي في الأطـراف، وبهذا يمكن تجنب كارثة أن يتبدل ما عندنا من نوى بتلامسها المباشر مع تلك الشذرات الغريبـة. وسيتوقف أي شيء يعتدي علينا من الفضـاء الخارجي عند قشرة الأرض إذا كان وزنه أقل من جزء من البليون من الجرام، أما إذا زاد على جزء من عشرة من الجرام فسيخترق الأرض مباشرة.

وبعض النظريات عن الكون المبكر ترى أن جزءا كبيرا من كتلة الكون ظل باقيـا في شكل شذرات من المادة الغـريبة بأحجام تتفـاوت مابين فتـات الخبز والبرتقـال. وتلك مـادة نوويـة مـركـزة، كما في نجـوم النيوتـرون، ويـزن ملء الكستبان منها أطنـانا كثيرة. وهي مادة غير مضيئة، ليست مـن مادة النجوم العادية، ومن الممكن أن تكون مسؤولـة عن جانب من الكتلة المظلمة المفقودة للكون ولـدرب التبانة. ويطـرح بعض علماء الفيزياء الفلكيـة فكرة أن بعض أمثلـة ممـا نسميه نجـوم النيـوتـرون ربما تتكـون في الحقيقة من مـادة الكـوارك الغـريبـة. وعنـدمـا تصطـدم نجوم من هـذا النـوع، أو ربما عنـدمـا ينفجـر سوبرنوفا، فإن قطعا من المادة الغريبة قد يقذف بها لتلوّث الكون.

وسوف تسطع المادة الغريبة التي تصطدم بجونا الخارجي مثل نجم منطلق ولكن مع بعض الاختلافات التي تمكّن من تمييزها عن الشهب التقليدية. وأكثر اختلاف ملحوظ هو سرعتها، فهي أسرع كثيرا من الشهب.

والشهب قطع من الحصى تدور حول الشمس، وهي رفيقة سفر في المنظومة الشمسية وتتحرك نحونا بسرعة مشابهة - أي نحو ٢٠ ميلا في الثانية. وأي شيء يتحرك بأسرع من ذلك سيهرب من قبضة الشمس مثل السيارة عندما تفشل في اتخاذ منحنى. ولو ارتطمنا بواحد من الشهب اصطدام مواجهة مباشرة، مثلما يصطدم قطاران يسيران في اتجاهين متضادين على القضبان نفسها، فإن صافي سرعة الاقتراب سيكون ٤٠ ميلا في الثانية.

وربما أدى الشد الإضافي لجاذبية الأرض إلى زيادة سرعة الصخرة إلى خمسين ميلا في الثانية ولكن ليس إلى ما هو أكثر من ذلك؛ وتلك هي أقصى سرعة اقتراب لشهاب تقليدي. أما المادة الغريبة فتأتي، خلافا لذلك، من كل أنحاء المجرة، وهي تتحرك بسرعة أكبر كثيرا من ذلك. ونحن جميعا ندور حول مركز المجرة بسرعة تقارب ١٥٠ ميلا في الثانية. والمادة الغريبة التي هي جزء من المجرة، ولكنها ليست في إسار الشمس، ستنتقل أيضا بهذا المعدل من السرعة.

وهي إذ تصل بطاقة عالية هكذا فإنها تصل إلى طبقات الجو السفلى الكثيفة قبل أن تسطع. فهي تومض عند ارتفاع يقل عن عشرة أميال، بخلاف الشهب التي تحترق على ارتفاع أعلى من ٥٠ ميلا. ولما كانت المادة الغريبة أقل ارتفاعا وأسرع من الشهب، فإن سرعتها الزاوية تكون أعظم كثيرا.

والكثير منها يسقط على الأرض مشابها للنيازك، وحسب أحد التقديرات فإن من الممكن أن يرتطم على الأرض سنويا قدر يصل إلى ألف طن. وإذا كان هناك قدر كهذا يحط على الأرض فإنه يمكننا أن نجد بعض الدلائل على هذه

«النـوازك» Nuclearites*، وذلك هو الاسم الذي تعرف بـه حتى يتم تمييزها عن النيازك العادية.

وهذه الـذرات من المادة الغريبة أكثر كثـافة وانضغاطا عن المادة العـادية. وهي عندمـا تمر خلال الصخـور فإنها قد تحفـر فيها مسـارا إذ يحدث ارتداد في نوى الصخر. ومن الممكن أن تكون هناك آثـار حفريات للنوازك التي اعتدت على الأرض عبر العصور. وجرام واحـد من النوازك قد يترك أثرا قطـره جزء من عشرة من المليمتر. والنوازك التي تزن طنا واحدا (وهذه لا تزال أصغر من رأس الدبـوس!) ستمر خلال الأرض فيما يقل عن دقيقة، مسببـة زلازل خطية epi-linear تكـون إشـاراتها السيـزمية مختلفـة تمامـا عن إشـارات الـزلـزال النقطي الطبيعي أو الانفجـار النـووي ـ الحراري تحت الأرض. ولعل هنـاك أدلـة على زلازل خطية كبيرة ذات حجم أكبر من ٥ مازالت تنتظر أن يتم «اكتشافها» فيما هو موجـود من معطيات سيزمية. ويطرح بعض المنظرين أن اصطـداما كهذا يمكن أن يحدث في المتوسط مرة كل سنة.

وإذا مـر النوزك خـلال مياه فإنـه يشع ضوءا. وإذا ارتطم أي من النـوازك بالمحيط فإنه يمكن أن يضيء للحظـات حياة الأسماك في أعماق البحار، ولكن فـرصة أن يـرى أفراد من البشر أي ومضـات في الماء هي فـرصة مختلفـة نوعـا. وتجارب ما تحت الأرض التي تجري بحثـا عن دليل على البروتونـات المضمحلة تستخدم فيها حمامـات سباحة ضخمة فيها مياه وأنـابيب ضوئية لتكشف عن ومضات الضوء. وإذا كـانت هذه التجارب محظوظة فإنها ربما تقع بـالمصادفة على نـوزك مار بـالإضافـة إلى (أو بدلا من) الهدف الـذي صممت له أصـلا! أما علماء فيزياء الجسيمات الذين يعملون على المعجلات فهم يبحثون لديها عن دليل على النوى الغريبة الصغيرة.

---

* النوازك كلمة مأخوذة من كلمتي النوى والنيازك (المترجم)

على أن نظـرية سلـوك الكواركـات لا تزال تفتقـر إلى التماسك ، وليس من المؤكد ما إذا كان فيها ما يدل على وجـود المادة الغريبة أو عدم وجودها . لكنها جعلتنا واعين بأن الاستقرار الذي نلاحظه في النـوى المألوفة ، مثل نوى الحديد والكربون والأكسجين ومـا إلى ذلك ، لا يدل بالضرورة على أن قـد صُـنعا من أكثـر أشكال المادة استقـرارا . فـالنشاط الإشعـاعي يمكن أن يغير ذراتـنا إلى أشكال غـريبة ، ولكن ببطء شديـد جدا . والتحول من ٥٦ نيوتـرونا وبروتـونا تتكون منها نواة الحديد (أكثر النوى استقـرارا) إلى نواة مادة غريبة يستغرق زمنا أطول من عمر الكون . وعلى ذلك فنحن آمنون حاليا هنا على الأرض . على أن الأمر سيكون نكتة غريبة لو كـانت أكثر حالات الطبيعة استقرارا غير متحققة في مكان ما . ولو وصل منهـا إلى الأرض ذات يوم كميات كبيرة فماذا سيحدث بعدها . . . ؟



# الفصل الثاني عشر

# ما وراء البُعد الخامس

شمال وشرق وأعلى: إننا محصورون في قبضة كون مـن ثلاثة أبعاد يتطور في بعـد «الزمـان» الرابع. وقـد ألفنا ذلك حتى أنـه أصبح من الصعب أن نتصور الأمـور على غير ذلك. فكيف يكون شكـل كون من خمسـة أو ستة أبعـاد؟ بل هل يمكن أصلا تعقل كـون كهذا وهل يمكـن أن يكـون قابـلا للتصور والتأمل فيه؟

إن رد فعلنا المباشر هو أن نقول إنه من قبيل اللغو الواضح أن نتخيل أبعادا أكثر. وأيا كان الأمر، فأين يمكنـك أن «تضعها»! فكل الاتجاهات الممكنة قد «استنفدت» بالفعل.

ولا شك أن كل الأبعاد التي يمكننـا تخيلها بسهولة قـد استنفدت، على أن هذا قد يكون حكما على قصور قـدرتنا على التخيل بدلا من أن يكون حكما على طبيعة الكون. هب أننـا «رجال مسطحون» ـ مخلـوقات من بعدين نعيش على سطح مسطح ولا نعي إلا السطح الذي نتحرك «فيه» طوال الوقت فيما حولنا. سيكون هـذا هو مدى كـوننا، ولن تكون فكـرة «الارتفاع» واردة في قامـوسنا. ثم يسأل شخص ما سـؤالا سخيفا: «هل يمكن أن يكون هناك بعـد ثالث؟» ونحن بـوعينا الأكبر يمكننـا أن نتخيل «الارتفاع»، وهكـذا فإننـا قد نـدهش للصعوبـة التي يعانيها الرجـال المسطحون في القيام بـوثبة عقلية خارج مـاهو مسطح. وقد نكون «نحن» بـدورنا غير واعين بوجود أبعاد إضـافية، ولنسمها «ما وراء» أو «في الداخل».

إن أي نظـريـة نهائيـة عن الكـون ينبغي أن تجيب عن السـؤال عما هـو «سحـري» بشأن عدد الأبعـاد التي نجـد أنفسنـا فيها . إنـه واحـد من أبسط مايمكن طرحه من أسئلة ، ولكن الأسئلة الأكثـر بساطة عادة ماتكون الأسئلة الأكثر عمقا والأكثر صعوبة في الإجابة عنها . وليس من الواضح على الإطلاق كيف يمكنك أن تبدأ في الإجابة عن هذا السؤال إجابة علمية .

على أن مثار الانفعال في الفيـزياء النظرية يتركز في الوقت الـراهن في نظرية تصدر أحكاما عميقة بشأن المادة التي نسج منها الكون . وهذه النظرية اسمها الرمـزي هو «الأوتار الفـائقة» ، وهي تقضي بأنه في وقت الانفجـار الكبير كان هناك «عشرة أبعـاد» . وثمة ستة من تلك الأبعـاد أصبحت مخفية عن حـواسنا الفجـة ، ولكنها تترك عـلاماتها بما ينشأ عنهـا من كهربـاء ، ونشاط إشعـاعي نووي ، ومـا يتعلق بذلك من ظواهـر ، ومن النتائج الأخرى البـارزة المترتبة على هذه النظريـة أنها قد تدل ضمنا على أن ثمـة كوناً خفيا بالكـامل يعمل هنا في الداخل مباشرة من الكون المألوف لنا .

ونحن لا يمكننا رؤيـة هذا الكون الظـل ، لكن يمكننا الشعور بـه . ووزنه يشدنا عن طريق الجاذبية . وهو يؤثر في مسارات المجرات والنجوم . وبخلاف حقيقة أن هـذا الكون موجـود هناك ، فإننا لا نعـرف شيئا آخر عنـه . أما تأثير ذلك فينـا فهو أمـر مازال يجري البحث فيـه الآن ـــ فالنظـرية جـديدة جـدا ، ومـازالت لا تفهـم إلا فهما محدودا وهي لاتـزال تحت الـدراسـة في الجامعـات والمعـامل في العالم بأسره . وقـد وصفها أحـد الحاصلين على جائزة نـوبل بأنها أعظم تقدم في الفيزيـاء النظرية منذ ميكانيكا الكم أو النسبيـة العامة . وذلك نوع من المديح في واقـع الأمر . فهاتـان النظريتـان هما العمودان العظيمان لعلم القرن العشرين ؛ ومقارنة نظرية الأوتار الفائقة بهما تدل على أنها قد تكون أيضا الكأس المقدسة للفيزياء النظريـة ، وهي إذا كانت كذلك بالفعل فإن إشاراتها إلى وجود كون خفي ينبغي أن ينظر إليها بما تستحقه من أهمية .

والواقع أن مقارنة هذه النظرية بالنسبية العامة وبميكانيكا الكم هو أمر يثير الاهتمام، لأن الأوتار الفائقة تتخذ كلتا هاتين النظريتين كمقدمات لها. وهي فضلا عن ذلك تتفادى أمرا حرجا ظل الفيزيائيون صامتين نوعا بشأنه طيلة سنين عديدة. ذلك أن أسس العلم قد أصابها تصدع. فالنسبية العامة وميكانيكا الكم ينطبق كل منهما على مواقف مختلفة تماما ولم يكونا قط بالكفاءة المتوقعة منهما. إلا أن المرء يستطيع أن يتخيل ظروفا حيث يكون لكلتا النظريتين شيء ما تقوله ـ وينتهي الأمر إلى أن تناقض كل منهما الأخرى تناقضا متبادلا. ونظرية الأوتار الفائقة توضح طريقة الإفلات من هذه المفارقة وتبين أن هذه المفارقة ترجع في جزء منها إلى قدرتنا المحدودة على التخيل، فهناك في السماء والأرض أبعاد أكثر مما نحلم به. وإلى أن نتمكن من استيعاب ذلك فإننا مرة أخرى نكون مثل المجتمعات البدائية التي كانت كلها أقل وعيا بالمجهول.

وعلى ذلك فلنر أولا في أي موضع ينهار علم الأبعاد الأربعة ثم نلاقي نظرية الأوتار الفائقة التي تحل المشكلة، ونرى ماذا تدل عليه.

## نظرية الكم الميكروسكوبية

تدرك حواسنا المباشرة البنى (أو البنيات) التي يزيد حجمها على عشر المليمتر، والميكروسكوبات البسيطة تمد وعينا هذا إلى مدى مقياس الميكروبات. وفي الفترة التي امتدت حتى نهاية القرن الماضي قامت «الفيزياء الكلاسيكية» بتوصيف الظواهر المعروفة في هذا الكون «الماكروسكوبي». على أنه كانت هناك إشارات تصل بالفعل إلى حواسنا العيانية عن مستجدات عميقة تحدث على المسافات القصيرة. فالأجسام الساخنة تبث إشعاعا كهرومغناطيسيا، والنظرية التقليدية تتنبأ بشيء خال من المعنى: فهي تتنبأ بأن

هناك إمكانا غير متناه بإشعـاع الضوء فوق البنفسجي. ولكن هذا لا يحدث، لذا سميت هـذه المفارقة «الكارثـة فوق البنفسجية» وكان فيهـا دلالة على فشل أساسي في النظرة القائمة للعالم.

وقد وجد العـالم الفيزيائي الألماني العظيم ماكس بلانك الحل عنـدما ابتكر نظرية الكم. وقد مثلت هذه النظريـة امتدادا للأفكار الكلاسيكية داخل عالم المسافات الميكروسكوبية. إن المادة تتكون من الذرات، وهذه أشياء ممتدة يبلغ قطرها نحو $١٠^{-١٠}$ متر (أي واحد من عشرة آلاف مليـون من المتر)، ولها بنية داخلية ذات تفاصيل. والفيزياء الكلاسيكية غير كافية لتوصيف الظواهر التي تحدث على مسـافات كهـذه، وسلـوك الذرات الميكـروسكـوبية ينتج عنـه أن إشعـاع الضـوء فـوق البنفسجي يسلك بشكل يختلف عما تتنبأ بـه النظـريـة الكلاسيكيـة. وقد أمكن تجنب ذلك الاحتمال غير المتنـاهي ـ أي الكارثـة فوق البنفسجية ـ ما أن تفهم العلماء الدور الجوهـري لنظرية الكم، التي تقضي بأنه يتعين تعديل القوانين الفيزيائية بالنسبة للمسافات البالغة القصر.

لقـد شكلت نظريـة الكم نظرة مختلفـة إلى العالم. ففي نظـرية الكم مبـدأ أساسي هـو مبدأ «عـدم التحدد»، فأنت لا يمكنك أن تقيس في وقـت واحد كلا من الموضع والعزم (أو الطـاقة التي في إحدى المنظومات) بتحـديد متناه. فكلما كان قياس الموضع أكثـر دقة، كانت دقتنا أقل في قدرتنـا على تحديد عزم وطاقة هذه المنظـومة. وذلك أمر غير محسوس بالنسبة للأشيـاء الماكروسكوبية وإنما هو أكثر وأكثر ظهورا بالنسبـة للظواهر التي على مستوى مقاييس الأطوال الميكروسكوبية وتحت الذرية.

وتقضي معادلة أينشتين المشهورة $E= mc^2$ (الطاقة = الكتلة × مربع سرعة الضوء) بأن الطـاقة والكتلـة تتكافـآن. فالطـاقة يمكن بمعنى مـا، أن تتخثر وتشكل جسيمات من المادة، وبالعكس فإن المادة لديها إمكان أن تغير شكلها

إلى طاقـة مشعة، كما يحدث مثـلا في بعض التفاعـلات النوويـة في الشمس. والآن فإنه حسب نظرية الكم لو حاولت أن تنظر إلى الأشياء على مسافة تحديد رهيفـة جدا فسـوف تجد أن عزم وطـاقـة المنظومـة التي تتم دراستها يتراوحـان تراوحا واسعا، ويـزيد ذلك كلما كانت المسافات أصغر. وعنـدها يكون تأثير معادلة $E= mc^2$ هو أن تراوحات الطاقة على المسافات القصيرة يمكن ظهورها بشكل مـايسمى الجسيمات «التقديـرية» وضـديدات الجسيمات (صـورة المرآة للجسيم بالقدر نفسه من الكتلة، ولكنها ذات شحنة كهربائية مضادة لشحنة الجسيم)، وهـذه تتشكل ماديـا من الفراغ وتبقى لمجـرد لحظة قبل أن تتـلاقى وتفنى.

وعند المســافات الأقل من ١٠^-١٣ متر (أي واحد على عشرة تريليـونات من المتر) تكـون تراوحـات الطاقـة كبيرة بما يكفي لإمكان خلق أخف جسيم مشحـون كهربيـا ـ أي الإلكترون ـ حيث يتم خلقه للحظـات ومعه ضديد المادة المقـابل له (البوزيترون). ونتيجة لـذلك لا يعود ممكنا توصيف المنظـومة على أنها تحوي عددا ثـابتا من الجسيمات: فـالإلكترونات والبـوزيترونـات تتشكل ماديـا باستمـرار ثم تختفي بمقـاييس زمنية قصيرة. بل إن الفـراغ ليس خواء، فـالفضاء «الخالي» هـو وسط به عدد لا نهائي من الجسيمات والضديدات التي تمور داخله.

وذلك كله يمثل نظرية الكم النمـوذجية كما تتجلى عبر مقاييس المسافات الذرية والنـووية. إنها بمنزلة النمـوذج، وهي أداة جوهريـة في مجموعة أدوات كل عالم منّظر، وهي بمثابة الضامن لنظرياتنا عن القوى الأساسية التي تعمل على الـذرات المفـــردة وداخلهـا. وتتمثل هــذه القـوى الأســاسيـــة في القـوة الكهرومغنـاطيسية، التي تبقي على الإلكترونـات في الأطراف الذريـة، والقوة «القويـة» التي تجعل النواة الذريـة متماسكة، والقوة «الضعيفة» المسـؤولة عن النشــاط الإشعـاعي (اضمحـلال بيتاً) والتفـاعـلات التي تقـوم بها جسيمات

النيوترينو الشبحية ذات الشحنة المتعادلة. هذه القوى الثلاث الأساسية تتحكم في كل الظواهر فيما عدا تلك التي ترجع إلى القوى العظمى الرابعة - أي الجاذبية. وهذه القوة الرابعة التي عرفت لزمن أطول، هي في الواقع أقل القوى قابلية للفهم. توفر نظرية الأوتار الفائقة مايعد بدمج الجاذبية على نحو طبيعي في نظرية موحدة لكل القوى والمادة التي في الكون.

## الجاذبية

منذ ثلاثة قرون قدم إسحق نيوتن أول توصيف كمي لإحدى القوى الأساسية للطبيعة، وذلك في نظريته الشهيرة عن الجاذبية. ورغم أن قوة الجاذبية بين الذرات على مستوى الطاقات الأرضية هي قوة ضعيفة، فإن «كل» جسيمات المادة يشد أحدها الآخر على نحو جاذبي، والنتيجة المترتبة على ذلك هي أن التأثيرات الجماعية للكثير من الجسيمات، مثل تلك التي في الأرض، ينتج عنها تأثيرات ملموسة، فهي تمسك بنا فوق الأرض، وتتحكم في حركة الكواكب والمجرات.

وعندما تتحرك الأشياء حركة سريعة جدا، تكون تأثيرات الجاذبية مختلفة عما توصِّفه نظرية نيوتن. وأحد أمثلة ذلك هو مانراه في مدار الكوكب المندفع عطارد، حيث تتغير نقطة أوثق اقتراب له من الشمس تغيرا بسيطا من مدار للتالي. ونظرية إينشتين عن النسبية العامة تتخذ نظرية نيوتن منطلقا لها وهي تتفق حتى الآن مع كل المشاهدات على مستوى الظواهر الجذبية.

ونحن على المستوى العملي نطبق الجاذبية على الكسوف والمد وحركة الأقمار التابعة - أي على المادة المكتلة. ولكن ماذا عن الجاذبية على مقياس الذرات المفردة؟ إن القوة الجذبية فيما بين الذرات المفردة ضعيفة ضعفا بالغا - فهي مغلوبة على أمرها بالقوى الكهربية والمغناطيسية والنووية. وعندما ندرس

سلوك الذرات المفردة والظواهر تحت الـذرية فإننا نستخدم ميكانيكا الكم دون حاجة إلى الجاذبية أو النسبية العـامة. لكننا، وعلى العكس من ذلك، عندما نتعامل مع بنيات ماكروسكوبية تتفاعل معا جذبيا فإننا لا نحتاج إلى ميكانيكا الكم لأن هـذه النظريـة تركـز على البنية الميكـروسكوبيـة للمادة. وبالتـالي فإن النظـريتين لا تلتقيان معـا مبـاشرة في التطبيق العملي، فنحن نحتاج إلى هـذه النظرية أو الأخرى، ولكننا لا نحتاج إليهما معا في الوقت الواحد.

ولقـد مثلت نظريـة أينشتين عن النسبيـة العـامة أول نظـريـة جديـدة عن الجاذبية منذ عمل إسحق نيوتن في القرن السابع عشر. وتتضمن نظرية أينشتين قوانين نيوتن ثم تـذهب إلى مابعدها بكثير، فتوّصف ليس التفاح الساقط من الشجـرة وحركـة الكواكب والمجـرات فحسب، بل تتناول أيضـا تطور الكـون بأسره. وتطـرح تصـورات دقيقـة بشأن العـلاقة بين الجاذبيـة وطبيعـة المكـان والزمان، ولا تستطيع تخطئتها حتى أكثر التجارب المعملية في هذا الحقل.

وتبين معادلات النسبيـة العامة أن ما ينجـذب ليس الكتلة بذاتها بل الطـاقة. فالضـوء له طاقة، وهكـذا فإن الجاذبية تعمل مفعولها فيـه. والشمس ذات الكتلة الكبيرة يمكنها أن تحرف قليـلا أشعة الضوء التي تمر بها. ولو كـانت كتلة الشمس أكبر كثيرا جدا لأدت إلى انحراف أشعـة الضوء كثيرا. وعندما يتركـز قدر كاف من الكتلة في منطقة صغيرة فإن ما ينجم عن ذلك من قوى جاذبـة قد يكون قويا جدا حتى ليقع الضوء في أسرها مما ينتج عنه ثقب أسود.

وفكرة وجود ثقب أسود في الفضاء هي فكرة غريبة، ولكنها ليست بالذات مما يستبعده العقل. وهي فكرة محببة جـدا في روايات الخيال العلمي بسبب ما يحدث من جـذب شديـد للمكان والزمـان اللذيـن في جيرتها. فالجاذبيـة هنا شديدة القوة حتى لتجعل المكان ـ الـزمان يلتفان حول نفسيهما فالزمان بمعنى ما يتوقـف ساكنا. وتلك هي النقطـة التي يظهر عندها التضارب المنطوي على المفارقة مع نظرية الكم.

## التضارب

تقضي نظرية الكم بأن الطاقة تتموج عند المسافات بالغة القصر أو المقاييس الزمنية بالغة القصر. وقد سبق أن ذكرنا أن الإلكترونات والبوزيترونات تفور باستمرار عند $١٠^{-١٣}$ متر. وعند المسافات التي تقل عن $١٠^{-٣٥}$ متر تكون تموجات الطاقة جد هائلة بحيث إنه يمكن أن تتشكل وتفنى جسيمات تصل كتلتها إلى $١٠^{١٩}$ ضعف كتلة البروتون. ومثل هذه الكتل الكبيرة المتركزة في مسافات دقيقة كهذه هي ثقوب سوداء. وهكذا فإن نظرية الكم تقضي بأن هناك ثقوبا سوداء صغيرة جدا تأتي وتذهب. ويظل الزمن يتوقف ساكنا عند المسافات البالغة القصر أو عند الفترات الزمنية البالغة القصر. فالجاذبية تشوه البيئة تشويها شديدا حتى أن كل فكرتنا عن المكان والزمان تنهار رأسا على عقب.

والمشكلة هي أن مالدينا من «نظريات كم» حول مجالات القوى (أي نظريات المجال الكمي) قد بنيت على الافتراض القائل إن من المعقول أن نتحدث عن المكان والزمان عند كل مقاييس الطول وعند أي فترة زمنية نختارها مهما كانت قصيرة. فالزمان ينظر إليه على أنه يظل مستمرا وينساب أبدا ولا يتوقف ساكنا ولا يتواثب. وهكذا فإن نظرية النسبية العامة (الثقوب السوداء) هي ونظرية الكم تكونان في أحسن حال مادمنا نبقيهما منفصلين، ولكنهما تكونان مما يجب تغييره لو وضعتا معا في نظرية نهائية.

ولو تجاهلنا هذه التضاربات وحاولنا أن نحسب الأرقام بأي طريقة فإننا سنجد نتائج غير معقولة. فالكميات التي ينبغي أن تكون متناهية في الواقع تصل في النظريات إلى أن تصبح لا متناهية. وكمثال على ذلك فإن قوة الجذب مابين إلكترونين تفصل بينهما مسافة مقدارها $١٠^{-٢٢}$سم يُتنبأ بأنها لا متناهية.

وظهـور اللامتنـاهيات كإجـابة عن حسـابات نظـرية الكم ليس بـالشيء الجديد. فـذلك يحدث طوال الوقت في الـديناميكا الكهـربية الكمية (نظـرية الكم للقـوة الكهـرومغنـاطيسيـة) إلا أنها «غير ضـارة» من حيث إنـه يمكن إزالتهـا، باستخـدام تكنيك رياضي معـرف جيدا ويسمى «إعـادة التطبيع». وفي الحقيقة فإن الـلامتناهيـات تختفي بإعادة تعريف مـا نعنيه بكتلـة وشحنة الجسيمات مثل الإلكترون. ولا يحتـاج الأمـر إلا أن نفعل هـذا مـرة واحـدة وسيظل ذلك صـالحا للعمل طوال الـوقت. وكون هـذا مما يمكن إعمالـه على نحـو متسق لهو أمـر فيـه عمقـه وفـائدتـه العمليـة، فهـو يمـد بنظـريـة كم للكهرومغناطيسية تتسق مع النسبية ومع الحس المشترك.

ولسوء الحظ فإن هذا لا يصلح في حالة النسبية العامة. فنظرية أينشتين تقضي بأن قـوة الجاذبيـة تصبح أشـد وأشـد كلما زادت الطـاقـة التي تحوزهـا الجسيمات المتجاذبة. وهذا ينتهي بأن يقوّض النظرية. فاللامتناهيات ستنبثق عندها متفجرة وهي ممـا لا يمكن بعد امتصـاصها فتبـدو وكأنها التصقت بنا. وذلك مـوقف من الواضح أنه مما لا يعقل وبالتالي فلابد من فعل شيء بشأنه.

وقد ظل الناس زمنا طويلا يجربون الفكرة تلو الأخرى ويفشلون. وبدا أنه ليس من شيء في المعـرفة التقليديـة يمكن أن يقوم بـالمهمة على نحـو مرضٍ. فنحن لدينا هنـا لامتناهيات غير مطلوبة وفيها مفـارقة بما يذكرنا بالكـارثة فوق البنفسجيـة التي بشرت بميلاد نظـرية الكـم. وبالتـالي سيتطلب الأمر وجـود عـامل جديـد، أو نظريـة جـديدة، تستخـدم النسبيـة العامـة ونظريـة الكم كمقدمات لها. وهذا ما يبدو أن نظرية الأوتار الفائقة قد أنجزته.

وكما أن مفارقـة إشعاع الجرم الأسود كـانت أول مفتاح للوصـول إلى بنيات أكثر ثـراء تقع على مسافـات تحت إدراكنا العياني، فإن هـذه المفارقـة الجديدة تشبـه ذلك تماما. ففي حـالة لانهائيـة إشعاع الجرم الأسـود تمثلت الإجابـة في

التحبب الذري atomic granularity ، بينما تمثلت الديناميكا الجديدة لذلك في ميكانيكا الكم. وتتجاوز ميكانيكا الكم أطر الميكانيكا التقليدية على مستوى المسافات الكبيرة حيث يكون التحبب مخبوءا. على أن خطوط الطيف المتميزة التي تنبعث من الذرات ـ أي حقيقة أن العناصر المختلفة تشع أطياف ألوان مميزة لكل منها، مثل الأصفر أو الأزرق لمصابيح الشارع التي من الصوديوم أو الزئبق ـ فيها مايذكرنا بما يكمن تحت ذلك.

والمفارقات التي تواجه النسبية العامة وميكانيكا الكم إنما هي إشارات تدل على أن هناك تحببا على المسافات بالغة القصر، بما هو أصغر حتى من مقياس نواة الذرة. وحسب النظرية الجديدة للأوتار الفائقة فإن الطبيعة لها بنية معقدة ذات تفصيلات، وبمقاييس هي أصغر بملايين البلايين من المرات من الجسيمات الذرية المعروفة مثل الإلكترونات والبروتونات. وما كنا نفكر فيه من قبل على أنه نقط أصبح الآن ينظر إليه كبنيات ممتدة تتذبذب مثل أوتار الكمنجة. (وهذا هو الجزء الخاص بـ «الأوتار» من نظرية الأوتار الفائقة، أما «الفائقة» فتشير إلى خاصية معينة في الرياضيات لا علاقة لها بقصتنا الحالية). وهذا التحبب يحوي ستة أبعاد مخبوءة تمتد لما هو أقل من جزء من بليون البليون من حجم البروتون.

وهناك شيء كبير الحجم باق من هذا الثراء العميق وهو إمكان وجود كون مظلم. والأبعاد الخفية تترك أيضا آثارها. ففي إدراكنا ذي الأبعاد الأربعة تُظهر الأبعاد الخفية نفسها في قوى كهربية ونووية.

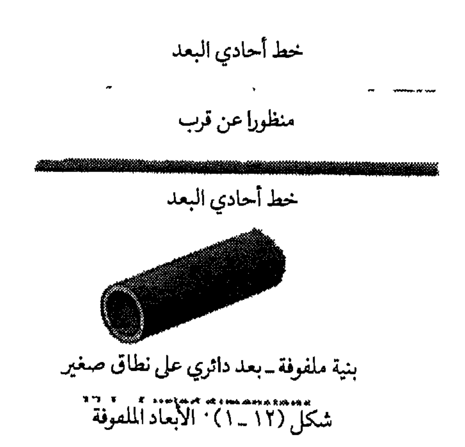
### البعد الخامس

تعود فكرة البعد الخامس إلى أكثر من خمسين عاما حين ظهرت في دراسة لتيودور كالوزا وأسكار كلاين. إن نظرية أينشتين عن الجاذبية ــ أي النسبية

العامـة ـ تتعامل مع الـزمان بمستـوى التعامل نفسه مع المكـان، وهكذا فإنها نظرية عن المكان ــ الزمان. فكوننا موجود في «المكان ــ الزمان» ـ أي في أبعاد مجموعها أربعة.

وقـد بنيت نظـرية أينشتين على نحـو يمكنك من أن تكتب معـادلاتها عن أكـوان أسطوريـة لها أكثر من أربعـة أبعـاد. وتلك لعبة ريـاضية لا يبـدو أن الطبيعة تبالي بها حيث إننا من الوجهة العملية نعيش فحسب في أربعة أبعاد. وقد أعاد كالوزا وكلاين كتابـة نظرية أينشتين في خمسة أبعاد وأخذا يختبران ماذا يحدث بعد إبراز البعد الخامس.

إنك لـو قذفت بهذا البعـد الخامس بعيدا فستعـود مرة أخـرى إلى جاذبيـة الأبعـاد الأربعة التقليـدية، لن تكـون قـد أنجزت شيئـا إلا أوراقا مهـدرة. إن عليك على نحو ما أن تبقي على البعد الخامـس، إلا أن عليك أيضا أن تواريه لأنه لا يظهر نفســه بأي وسيلة واضحة لحواسنا العيانية. والطـريقة التي فعلا بها ذلك هي أنهما قـد افترضا أن البعـد الخامس ملفـوف ومدمـوج، بحيث لا يوجد إلا على المسافات القصيرة جدا (انظر شكل ١٢ ـ ١).



شكل (١٢ ـ ١): الأبعاد الملفوفة

وسبب ذلك غير معروف حتى الآن وهو سؤال للمستقبل. أما في وقتنا الحالي فنحن نفرضه لا غير على المعادلات ونرى ماذا يحدث. حسنا، إن جاذبية أينشتين تنبثق من الأبعاد الأربعة التي تركت دون أن تمس، وليس في هذا أي مفاجأة. أما الأمر المثير للاهتمام فهو: ماذا يحدث للجاذبية في البعد الملفوف؟

إن النتيجة المذهلة هي أن المعادلة التي تصف القوى الجذبية في البعد الخامس هي معادلة قد رآها كالوزا وكلاين من قبل، وهي مألوفة لكل طالب فيزياء. فهي نفسها المعادلة التي اكتشفها كلارك ماكسويل في ١٨٩٥ والتي تصف القوة «الكهرومغناطيسية». لقد أدت أبحاث كالوزا وكلاين في واقع الأمر إلى التحقق من أن ما نسميه قوة كهربائية ومغناطيسية ليس سوى جاذبية ـ في البعد الخامس. فأنت عندما تلعب بالمغناطيسات، أو تدير مفتاح تشغيل محرك سيارتك، فإنك تكون بذلك في حالة اتصال مع البعد الخامس.

واليوم أصبحنا نعرف قوى أخرى تعمل داخل نواة الذرة ومن حولها. وإحدى هذه القوى هي «القوة الضعيفة» التي ينشأ عنها النشاط الإشعاعي. ونحن نعرف أنها على صلة وثيقة بالقوة الكهرومغناطيسية، ومن ثم فإننا نتوقع أن تكون هي الأخرى جاذبية في أبعاد أعلى. والنظريات الموحدة الكبرى الحديثة تقضي بأن القوة الضعيفة هي والقوة القوية أيضا، التي تربط الكواركات والنوى الذرية، إنما تمثلان تجليات دقيقة للقوة الكهرومغناطيسية. وفكرة وجود أبعاد أعلى تؤكد أنها كلها على علاقة بالجاذبية.

والرياضيات التي تصف القوى الضعيفة والقوى القوية معنية بالأمر أكثر من رياضيات الكهرومغناطيسية، ويتطلب الأمر وجود أبعاد خمسة إضافية حتى نأتي بالقوى كلها معا. وهكذا فإنه إذا كانت القوة الكهرومغناطيسية هي الجاذبية عند البعد الخامس، فإن القوة الضعيفة والقوة القوية تكون هي الجاذبية عند أبعاد من ستة إلى عشرة.

وهناك دلالات عديدة غير مباشرة تشير إلى صواب هذه الأفكار، وإلى أن هناك حقا أبعادا أكثر من الأبعاد المألوفة لنا أي الأبعاد الثلاثة في المكان وبعد الزمان الواحد. والمنظرون الآن في صراع مع مشكلة السبب في أن الأبعاد الثلاثة للمكان قد نمت في الكون الماكروسكوبي على حين التفت الأبعاد الأخرى مخلفة علامتها بطريقة مختلفة، مثلما هي الحال في القوى الكهربائية والنووية. لقد حدث للمكان والزمان في أول لحظة من الانفجار الكبير التواءات لا تستطيع رياضياتنا أن تصفها بعد. على أن معظم علماء الفيزياء الرياضية الذين تخصصوا في فيزياء الجسيمات، والكونيات، والفيزياء الفلكية يبحثون الآن في هذه المشكلة أو في مشكلات ذات صلة وثيقة بها. ولا يملك أحد بعد كل الإجابات، ولكن هناك أجزاء من الرياضيات التي تنبثق من دراسة الأوتار الفائقة، ومن دراسة الكون المبكر عموما، لها دلالاتها الموحية.

وإحدى هذه الدلالات هي أن المكان والزمان، كما نعرفهما اليوم، ربما كانا غير مستقرين. وتلك فكرة مرعبة ولكنها ليست بالضرورة غير معقولة. ومع كل، فنحن لا نعرف، رغم كل شيء، لماذا يوجد هذا العدد من الأبعاد الموجودة هنالك، ولدينا دلائل على أنها بمعنى ما مجرد «ماتبقى» من عشرة أبعاد، وإذن فلماذا ينبغي أن تكون دائمة ولا تتغير؟ وما مدى ضمان مادة نسيج الكون التي وجدنا أنفسنا من داخلها؟

## انهيار المكان والزمان

تبحث الطبيعة دائما، كما ذكرت في الفصل السابق، عن الأشكال الأكثر ثباتا؛ أي حالة الطاقة الأدنى. وقد لاقينا في ذلك الفصل إمكان وجود المادة الغريبة، التي هي أكثر استقرارا من مادتنا، والتي يمكن أن تزرع بذور انهيار مادتنا فيها لو تلاقينا. وقد انبثق عن الدراسات التي أجريت على الانفجار الكبير

إمكان أكثـر درامية، وهو أن الكون ككل قـد يكون غير مستقر بـالطبيعة. ولست أعني هنا أن مادته تتآكل على مـدى زمني لا متناه هو أبعد من أن يثير قلقنا، وإنما شغلني بـدلا من ذلك إمكان أن تتغير مـادة نسيج الكـون فجأة في مكان مـا الآن تنتشر مثل السرطان بسرعة تقارب سرعة الضوء، مدمرة كل شيء.

وسـوف تبقى كل فتات وقطع المادة كما هـي على المستويـات الأعمق لكن سيعاد تشكيلها، والتوصيف الفني لذلك هو التغير «الطوري».

وفكرة أن تغير المادة طـورها فكرة مألـوفة جـدا. فالثلج والسيولـة والبخار هي أطوار مختلفة للماء، وجـزئيات المادة ($H_2O$) تكون هي نفسها في كل حـالة ولكنها تترابط جماعيا بطرق مختلفة. ويعتمد التشكيـل الذي تختاره الجزئيات على الظروف الخارجية مثـل الحرارة والضغط. فيمكنك أن تسخنها تسخينـا فائقـا أو أن تبردها تبريـدا فائقـا. وكمثال فإن الماء في مبرد السيـارة يمكن أن يسخن لما هو أكثـر من ١٠٠ درجة مئوية عندما تنحشر السيارة في ازدحام المرور. ومادام غطاء المبرد يعمل بكفاءة فإن الضغط يمنع الماء من الغليان. وإذا كـان السائق غير حكيم وأخذ في إزالة الغطاء، فإنه كنتيجة لذلك سوف يتلقى عصفة من بخار حارق، فالماء الذي سخن تسخينا فائقا يغلي عنـدما ينخفض الضغط. وبالمثل فإن الماء يمكن تبريده تبريدا فائقا لما تحت نقطة التجمـد، وأن يظل سائلا مادامت الظروف الخارجية لا تتغير، ولكن لو تغيرت هذه الظروف فإن الماء يتجمـد فجأة. وعندما يكون الماء في حالتـه من البرودة الفائقة فإننـا نقول إنـه في حالة مـا وراء الاستقرار، بينما الشكل المتجمد هو المستقر.

ومن الأفكار الشائعـة بين بعض الفيزيائيين الآن أن الكون هو في حـالة ما وراء الاستقـرار ـ أي أن التبريـد الذي حـدث منـذ الانفجار الكبير السـاخن خلفنا في كون في حـالة برودة فائقـة بدلا من أن يكون كونـاً متجمدا. والنجوم والكواكب والكائنات البشرية هي النظـام الطبيعي للأشياء بشرط توافر لبنات

البنـاء التي يكون على الطبيعـة أن تعمل عليها، وتـوفير الوسيلـة التي تفضـل قوانين كوننـا أن يتم اتحاد اللبنات بها. ولكن إذا كان الكون فحسـب في حالة تبريد فائق بحيث إنه ينبغي أن يتجمد في المستقبـل فإن لبنات البناء الأساسية يمكن أن تتحد معـا بطريقة أكثـر كفاءة من حيث الطـاقة. وسوف نكـون أنا وأنت وكل ما قد عرفناه إلى زوال ليسود نظام آخر.

وبإمكاننـا أن نرى بالفعل، فيما حـولنا من الكون، أمثلـة للكيفية التي تشكل بها الجسيمات الأسـاسية بنْيـات مجهـريـة مختلفة ومن ثم أشكـالا مختلفـة من المادة المكتلة. وفي الوقت الـراهن نجد الإلكترونات والبروتونـات والنيوترونات مـربوطة على الأرض في ذرات، بينما تطوف هذه الجسيمات نفسها وهي في الشمس حرة فيما نسميه بلازما. وبمعنى ما فإن المادة هنـا هي في طور مختلف عن طورها في النجوم الساخنة؛ فهي تتكـون من الجسيمات نفسها، ولكنها مربـوطة بإحكام مثل الثلج بدلا من وجودها في حرية كما في الماء. والنموذج القائم بين المنظّرين من العلماء هو أن الكون بدأ ساخنـا جدا، أسخن من أي نجم الآن. وقد تم في الانفجار الكبير صهر كل شيء حتى البروتونات والنيوترونات، وعند هذه اللحظات المبكرة تحررت كواركاتها، بل وفيما هو مبكر عن ذلك، عندمـا كانت الظروف حتى أكثر تطرفا، ربما كان الكون في طور ما آخـر؛ ومن الممكن أن يكون تبريده إلى الكواركات ثم في النهاية إلى الجسيمات النووية قد خلفه في حالة التجمد الحقيقية التي هي عند أدنى طاقة، أو لعله برد فقط إلى حالة البرودة الفائقة حيث ظل على ذلك حتى الآن.

ومن الصعب أن نتخيل ما يكونه الشكل الأكثر «تجمدا» لهذه الجسيمات إذ ليس لدينا أي حـدس يرشدنا بهذا الصـدد. وكل ما يمكننا قولـه هو أنه ليس لدينـا أي ضمان بأننا المنتج النهائي المحبذ. فإذا لم نكن كـذلك فنحن لا نزال محظـوظين، فلعل الكون قـد توقف مصـادفـة عند طـوره الحالي، وليس لديـه وسيلة واضحة للوصول إلى تشكيله المحبذ أكثر.

وبالقياس بالتمثيل، فنحن في الطابق الأول (فوق الأرضي) مما يشبه كاتدرائية كونية، وهو أمر لا بأس به مادام ليس هناك باب مسحور نهوي من خلاله، أو على الأقل فإذا كان هناك باب مسحور، فإن أحدا لا يفتحه خطأ.

والمشكلة هي أن نظرية الكم يمكن أن «تفتح الباب». فشق الأنفاق خلال الحواجز (الطابق) للسقوط من حالة طاقة عالية إلى طاقة أدنى هو أساس الكثير من عمليات الاضمحلال النووي.

وهكذا فلو انتظرنا زمنا طويلا بما يكفي فسنجد أن الطبيعة سوف تشق نفقا في مكان ما يأخذنا من تشكيلنا الذي هو وراء المستقر لنصل إلى تشكيلنا الحقيقي في الدور الأرضي. هذا وقد ظل الكون موجودا لما يزيد على ١٠ بلايين سنة، وهو زمن كاف لأن يحدث في مكان ما في وقت ما تغير من هذا النوع أو لعله الآن قد بدأ يحدث. فهذا يمكن أن يحدث في أي وقت وأي مكان.

وإذا ما تكونت فقاعة من «كون متجمد»، فإنها قد تموت أو قد تنمو نموا غير محكوم، ويتوقف على درجة انخفاض الطاقة في هذه الحالة المرغوب فيها بالمقارنة بحالة ما وراء الاستقرار، أي كم يعلو طابقنا الحالي فوق الطابق الأرضي. وهذه الفقاعة النامية يمكن أن تتمدد بسرعة الضوء تقريبا مع انطلاق هائل للطاقة. وسوف تصدر ضجة هائلة عن كل شيء، والزئير الصادر عن المادة الغريبة سيكون همسا بمقارنته بها.

وفي عام ١٩٨٣ قام عالمان بارزان في الفيزياء الفلكية، هما مارتن ريز وبيت هَتْ، بإدخال ملمح جديد إلى هذا الجدل بأن تساءلا في مجلة «الطبيعة» Nature عما إذا كانت التكنولوجيا الحديثة ستفتح الباب المسحور في خطأ غير متعمد. أفيمكن لمعجل جديد للجسيمات تحت الذرية أن ينتج تركيزا كبيرا من الطاقة في بقعة واحدة بحيث ينقلب حال هذا الجزء من الكون، ثم ينتشر كالسرطان، وفي النهاية ينقلب الكون بأسره من خلال الباب المسحور ـ أو كما

يقـال بلغة أكثـر رسميـة : «أن يحدث ذلك تحولا تلقائيـا عن طـريق شق نفق بوساطـة ميكانيكا الكم» . وبوصل المعجـلات الجديدة للجسيمات إلى مناطق من الطاقـة لم يسبق سبرها على الأرض ، فإن هذه الفكرة المرعبـة تجعلنا نتريث ونعيد النظر.

وبعد إجـراء بعض الدراسـات استنتج هَتْ وريـز ـ لحسن الحظ ــ أنه لا داعي فيما يحتمل لأن ننـزعج بهذا الشأن . فـرغم أن تلك هي المرة الأولى التي ستنتج فيهـا المعجلات الجديـدة اصطدامـات من هذا النـوع على الأرض فإن الطبيعة تقوم بها طوال الوقت . فالأشعة الكونية تتكون من جسيمات نووية عند طاقات هائلـة ، هي أعظم كثيرا من أي مما يتم إنتاجه على الأرض حتى الآن . وهي نادرة جدا في الفضاء ، ولكن حتى مع هذا فقد وقع في تاريخ الكون عدة مئـات الآلاف من مثل هـذه الاصطـدامات ومـازال الكـون بـاقيـا . ومن ثم يستنتج هَتْ وريز أنـه ما من معجل جسيمات سيفـرض أي تهديد لمادة نسيج الكون ، وذلك في المستقبل المنظور.

ولكن مـاذا لو كـان هناك في برج «المرأة المسلسلـة» كائنـات متقدمـة تبني معجلات تفـوق بلايين المرات أي شيء ممـا يمكن حتى أن نحلم بـه؟ إن لعبة كهذه ستكون بمنزلة التلـويث النهائي : فقاعة تنتشر وتلتهم كل شيء . وحمدا للـه أنه مـا من شيء على وشك أن يلتهمنـا هكذا ، إن الفقـاعة تنتقل بسرعـة تقارب من سرعة الضوء ولكنها تقل عنها ، وهكـذا فسوف يكون لدينا نوع من الإنذار المتقـدم عن وصولها . ولست واثقـا مما يمكننا أن نفعلـه بهذا الشأن لو رأينا إنـذارا آتيا ، ولكنني ألـوذ هنا بـالأمل في أنه إذا كـان هناك أي أنـاس أكثر تقدما منا فإنهم سيكونون على درجة كـافية من التقدم بحيث يكونون قد فكروا من قبل في هذا الأمر ، وبالتالي فإمـا أنهم لن يبنوا هذه الماكينات أو أنهم سوف يحيطونها بدرع يقي نهائيا من الإشعاع !

## أكوان متوحشة؟

هل يمكن إنشاء كون في المعمل؟ إن هذا يبدو وكأنه الحلم النهائي لرواية الخيال العلمي، على أنه بحلول عام ١٩٨٧ وصل فهمنا لأصول كوننا إلى مرحلة جد متقدمة بحيث قام عالمان مبرزان من علماء الفيزياء الفلكية، وهما إد فارهي وآلان جوث من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، بمناقشة الفكرة في مجلة «رسائل الفيزياء»، وقد توصلا إلى نتيجة مفادها «أن هذا الأمر كما يمكنك أن تتخيل صعب تماما» ولكن ربما كان غير مستحيل، من خلال نظرية الكم، من جهة المبدأ. إنه مستحيل فحسب عند التطبيق من حيث ما يتوافر حاليا من التكنولوجيا، وبالتالي فكما حذرت في المثل السابق، فربما يكون متاحا لمخلوقات متقدمة عنا في مكان آخر.

لقد كنا نعتقد، حتى زمن قريب جدا، أن الكون دائم ومطلق. وكنا نعتقد منذ سنوات معدودة أننا قد اكتشفنا كيفية تكوين الكون، وأخذنا نتناقش بشأن المستقبل على المدى البعيد، مثل ما إذا كان الكون سيتمدد ويبرد أم أنه سيعاني من الفناء بالحرارة إذ يتقلص، ولكننا اتفقنا على شيء واحد: أن كوننا هو الكون الوحيد الموجود. وقد تحدث كوارث للمادة التي في داخل كوننا، أما الكون نفسه ـ أي المكان والزمان اللذان تدور الدراما فيهما ـ فسيظل مستمرا. والآن فإن هذه العقيدة أصبحت موضع شك. بل إن العالم السوفييتي البارز أندريه لند يرى أن كوننا يتكون في الواقع من عدد لا يحصى من أكوان صغيرة منفصلة، قد تختلف قوانينها اختلافا جذريا عن الكون الذي اتفق أننا نوجد فيه.

وهكذا بدا فجأة أن الكون أقل استقرارا وأقل يقينية بكثير مما كان في السابق. لقد كنا ذات يوم نعتقد أن الأرض هي مركز كل شيء، ثم تصورنا أنها الشمس، وفي النهاية ألفنا فكرة أننا نشغل موضعا خارجيا قليل الأهمية في مجرة

غير ملحوظة ليست إلا واحدة بين بلايين. وإذا زُحزحنا بوقاحة هكذا من تمركزنا على ذاتنا فإن المرء قد يظن أن هذه هي نهاية الأمور. ولكن لا، فقد أصبحنا نشك الآن حتى فيما إذا كان كوننا هو الكون الواحد الوحيد. فهل نعيش في كون من أكوان متعددة؟

ولقد نشأت فكرة أننا نستطيع أن ننشيء كوناً جديداً في المعمل عن النظرية التي شاع الاستمساك بها حاليا والقائلة إن كوننا انتفخ في أول جزء من الثانية انتفاخا هائلا قبل أن يستقر على تمدده ببطء في العشرين بليون سنة الأخيرة. وهذه النظرية عن «الكون الانتفاخي» تفسر بعض الألغاز التي كانت مصدر إزعاج بالنسبة للنماذج المبكرة للانفجار الكبير، كما تعطي النظرية تنبؤات قابلة للاختبار عن حالة الكون حاليا وهي تنبؤات ظلت ناجحة حتى الآن. وحسب النظرية الانتفاخية، فإن الكون كان له أصلا كتلة من ١٠ كيلوجرامات في حجم هو جزء من البليون من النواة الذرية. وعشرة كيلوجرامات ليست بالشيء الكثير، ففي إمكانك أن تتقدم بها كمتاع يفحص وزنه عند الدخول إلى طائرة أحد الخطوط الجوية دون أن تدفع غرامة زيادة وزن. فإذا كان هذا الوزن كافيا لبدء الكون، فكيف تم نموه إذن؟

تقول النظرية إنه في الداخل من هذه المنطقة تكون هناك حالة ما وراء الاستقرار، وإذ أخذت الحالة في الداخل تمر في تغير طوري لتصل إلى حالة الاستقرار التي نحن عليها الآن، فإن الداخل يكتسب طاقة وذلك بفضل صفة خاصة مميزة لنظرية الكم. ويشبه التأثير هنا ما يضاد الجاذبية ـ تنافر ضخم ونمو للطاقة الخالصة حتى تستقر في الطور الحالي، ويكون مايتبقى من تمددها هو الحفرية المتخلفة عن هذه الصدمة. وهكذا فقد تولد قدر من الطاقة يكفي لأن يضخم هذه الكيلوجرامات العشرة الابتدائية إلى كل ذلك الكون الذي نراه الآن.

وعلى ذلك فإذا كـان الكون يمكن أن ينبثق ممـا لا يزيـد على حقيبة سفـر، فهل يمكننا أن نصنع مـرجلا في منطقـة محددة من المكان وأن نـرتب له بحيث يكون في حالة ما وراء الاستقرار؟ ثم بعدها يندفع انفجار، وتنفجر هذه المنطقة الصغيرة لتصبح كونـاً له تطور في المستقبل يشابـه تطورنا نحن، لقد بـدأ الأمر كله من وسط طاولة فحص المتاع الداخل للطائرة؟

وإذا صنع أحدهم كـونا جديـدا، فما الذي سيحدث لكـوننا الحالي؟ ترى هل نحن في خطر من تجارب قد يقوم بها أحد السكان المتحمسين في برج «الـدب الأكبر؟»، وهل يمكن أن يوجد أكثر من كـون واحد؟ وإذا كان من الممكن إنشـاء كون جديد، أفـلا يصبح من المؤكد أن كوننـا هذا يمكن تدميره؟

إن النظرية التي تطرح أن ذلك يمثل حقيقة علمية يبدو أنها تدل أيضا على أننا سنكـون آمنين إذا كانت هناك أكـوان جديدة تنشأ. فهـذه الأكوان تصنع مكانها وزمانها الخاصين بها دون أن تتـدفق لتدخل في مكاننا وزمـاننا، وهكذا فإنها لن تـدمرنا. وفي حـدود علمنا الحالي، فإن جـدار الفقاعـة سيكون مثل سطح ثقب أسود.

والواقع أن من الصعب تخيل هذه الفكـرة، عن كون يظهر فيها يبدو من لا مكان، ومع هـذا فإنه مفصول على نحو ما عـن المكان والزمان اللذيـن نوجد فيهما. فهذا كله يحدث في أبعاد تتجاوز خبرتنا المباشرة، وهكذا فكما فعلنا من قبل فلعله مما يساعدنـا أن نتخيل كون «الرجل المسطح» وكيف ستبدو هنالك هذه النشأة التلقائية.

إن عالم الرجل المسطح هـو سطح كرة بالغة الضخـامة بحيث تبدو وكأنها مسطحـة بالكـامل، دون أي انحناء على الإطـلاق. وتكـوين الكون الجديـد

يشبــه انتفــاخ «أنــورسما»* على السطح حيث يحدث للمكــان والـزمان نتـوء مفاجىء للخارج ثم ينفصلان عن والدهما ليكوّنـا كوناً جديداً. ونحن يمكننا تصور ذلــك، ولكن الرجال المسطحين يمكنهــم فحسب أن يقولـوا إن الكون الجديد هو «في مكان آخر»، لأنهم محدودون بإدراكهم المسطح.

وبالنسبة لشخص ما يعيش داخل النتوء فإنه قد يخبر ظروفا تشبه الانفجار الكبير. وبالنسبة للأفراد الذين يعيشون في مكان آخر فإن النتوء سيظهر كثقب أسود. وبعد الانفصال، سيبدو أن الثقــب الأسود قد تبخر، دون أن يترك أثرا لتكوّنـه. ومثل الرجـال المسطحين فإننا لا يمكننا إلا القـول إن نتوءه قـد وجد «في مكان مـا آخر». وسوف نقول إن الكـون الجديد قد وجد في مكــان وزمان منفصلين عنـا تماما. ومـا أن يذهب، فإننـا وإيـاه لن نستطيع أبدا الاتصــال ثانية. وأنــت لا يمكنك الانتقال من هنا إلى هناك، كما أنـه لا يمكنه أن يغزو فضاءنا. بل قـد يتمثل الأمر في أن كوننا قد انفصل بعيــدا عن كون مضيف له بفضل نوع من تجارب «أد العمل بنفسك»، تم منذ ٢٠ بليون سنة.

وعلى ذلك فإن خط القاعدة حاليا هو أن العلم يسمح بإمكان نشأة أكوان جــديدة، وأن كـوننا الحالي قـد يتهاوى. والإمكــان الأول ليس فيه مـا يؤذينـا والإمكان الأخير هو غير محتمل إلى أبعد حد. وفي هذه الحالة نكون نحن آمنين من رؤى تلك التنبـؤات بالنهايـة، أو على الأقل تكون هــذه هي الحال حسب فهمنا الحالي. على أنـه منذ خمس سنـوات ما كان أحـدٌ ليفترض جديـا أفكارا كهذه، أما الآن فقد أصبحت خاضعة للـدراسة الجادة، والنتيجة النهائية هي أي مما قد يخمنه أي أحد.

---

* aneurism انتفاخ في الأوعية الدموية (المترجم).

# الفصل الثالث عشر

# الوقت ينفد

## عندما تصبح الشمس عملاقا أحمر

الوقت هـو الفجر في أرض الفردوس. والأرض تلـف بنا من ظل الليل إلى ضوء النهار الساطع. وخلال بضع ساعات تصبح الحرارة في الصحراء شديدة القيظ، حتى لتبحث السحـالي عن الظل. والبيوت فوق تـلال مؤاب بـالقرن العشرين كلهـا لديها سخـانات شمسيـة فوق أسقفهـا. إنها تجمع الحرارة من مفاعل نووي يبعد عنا ١٠٠ مليون ميل.

إن الطاقة الشمسية ـ تلك الطاقة التي بلا تلوث وبلا ثمن، ودائمة ـ هي يوتوبيا. ولكن لا شيء يأتي بلا ثمن، وإن كان ذلك دينا لا يطالب به إلا بعد زمن طـويل. إن حـرارة الصحـراء هي النتيجة النهـائيـة لاستهـلاك الشمس لستمائة مليـون طن من الهيدروجين في كـل ثانيـة. وهكـذا فرغم أنها تعـد فيما يخصنا طاقـة بلا ثمن، فإنها كوسيلة لمدنـا بالوقود تعد وسيلـة تنقصها الكفاءة تماما. فكوكبنا الضئيل يتلقى فحسب جـزءا من البليون من الكل، أما الباقي فيذهب في الفضاء.

ومنـذ أن بدأت أنت في قـراءة هذه الجملـة يكون قـد تم استهلاك بـلايين عديـدة من أطنان الهيـدروجين، وفي هذا الـوقت من الغـد يكون قد تـم تماما استنفاد ١٠٠ مليون مليون طن. وهو مقدار ضخـم، ولكنه جزء جد تافه من الشمس ككل حتى أننـا لا نلحظه من يـوم لآخر، بل ولا حتى طـوال العمر.

وخــلال كل المليون سنــة التي وجد فيهــا البشر فإن المقاديــر النسبية من وقــود الهيدروجين في الشمس هو ومنتجه النهائي من الهليوم قد تغيرت فحسب بأقل من جزء من الألف. ومع ذلك ورغم أن الشمس تتغير تغيرا بطيئـا فإنه أكيد، فهي تموت، ولو انتظرنا زمنا كافيا ـ أي نحو ٥ بلايين سنة ـ فإن الشمس سوف تستهلك كلها. فماذا يحدث بعدها؟

عندما ينفد كل الهيـدروجين، فإن مركز الشمس لن يستطيع أن يقاوم وزن المناطق الخارجية التي تضغط للـداخل. ويبدأ قلب الشمس في التقلص وهو إذ يفعل ذلك فإن طـاقته الجذبيـة تتحول إلى حـرارة وفي هذا إعادة تمثيـل لمولد الشمس من سحابة غبار تتقلص.

وإذ يتقلص القلب، فإن حرارته تقذف بالمناطق الخارجية لأعلى، بما يجعل سطح الشمس يتمـدد ويبرد. وهكـذا فإن الشمـس التي ظلت تطلع في لـون ذهبي فوق الأفق الشرقي طيلة ١٠ بـلايين سنة، تأخذ الآن في النمو إلى حجم أكبر ولـون أشد احمرارا. ويحدث هـذا في أول الأمـر تـدريجيا بما لا يـدرك، ثم تتـزايـد سرعتـه إذ يقترب السطح الخارجي من الأرض، وتشغل الشمس قـدرا أكبر من السماء. وتـذوب ثلـوج القمـة في القطبين وتفيض على المنـاطق التي تقبع منخفضة، وهكـذا تتغير للأبـد جغرافية الأرض. ويـؤدي ارتفاع الحرارة إلى تبخر المحيطات، ويجعل الكرة الأرضية كلهـا كغابة استوائية مطيرة تغطيها سحابة مستديمـة. وستبدو الأرض لمن ينظر إليها من خارجهـا محجوبة بغطاء مثلما يبدو لنـا الزهـرة الآن. ويسود منظر السحـاب حمرة شديـدة حتى تؤدي الحرارة إلى غليان المحيطات تمامـا، وتتبخر السحب والجو إلى الفضاء ويصبح الكوكب العاري بلا وسيلة دفـاع في وجه العملاق الأحمر الذي يملأ كل سماء وقت النهار. هاهو جحيم دانتي وقد جلب في النهاية جهنم إلى الأرض.

ولا يوجد أي أمل بالنسبة لعطارد والزهرة، فهذان الكوكبان سيتم التهامهما

داخل الشمس المتضخمة. وإذا ظلت الأرض تقبع في الخارج فإنها ستصبح ملفوحة، وقفراء، بلا حياة. أما أفراد سلالتنا فقد يبقون أحياء تحت سطح الأرض وإن كان هذا لن يؤدي إلا إلى تأجيل النهاية.

ويمكن للهليوم، الذي هو ناتج نهائي لاندماج الهيدروجين، أن يندمج ليبني عناصر أثقل مثل الأكسجين والنيتروجين والكربون. وهذا هو مايجري الآن في القلب من العملاق الأحمر. والشمس إذ تفعل ذلك فإنها تزداد سخونة للمرة الأخيرة، وتتضخم فجأة بما يتجاوز الأرض كثيرا، فتتبخر الأرض هي والمريخ أيضا، إذ تتمدد الشمس بما يكاد يصل إلى مدار المشتري. ويفيض جو الشمس في الفضاء بما يقضي على المنظومة الشمسية، والذين يشهدون المنظر من الأجزاء الأخرى من درب التبانة سيرون غازا سديميا هو الآثار الباقية لنجم كان ذات مرة يهب الحياة. وهناك أمثلة من سُدم كهذه مرئية لنا في سماء ليلنا نحن، وكل ما يمكننا فعله هو أن نخمن فحسب أشكال الحياة التي ربما كانت تدعمها هذه السدم في زمن ما.

وهذه النبوءة أكيدة، ومضمونة، ولا يمكن تجنبها، إلا إذا تعلمنا كيف نتدخل في الأمر. فهكذا ستكون نهاية هذه الجوهرة، موطننا ومقر كل ما تجمع من حضارتنا. إنها مَعْلَمٌ على لحظة مصيرية في مستقبل تاريخ الجنس البشري. فما الأمل الذي يبقى لدينا؟ لقد وجد البشر مجرد هنيهة تافهة من المدى الزمني للشمس. وقد تقدمنا خلال آلاف معدودة من السنين من النار إلى القوة النووية، ومن العصر الحجري إلى رقائق السليكون، ومن التقاط فتات الطعام إلى أقراص الفيتامينات وحبوب الطعام التي يتم تخليقها كيماويا لاستخدام رواد الفضاء. تخيل هذا المدى من الزمان وهو ينقضي مرة أخرى، ثم مرة ثانية بما يصل إلى مليون مرة؛ ربما نتمكن في مثل هذا المدى من الزمان من أن نتحكم في تطور الشمس وبالتالي نؤجل تحقق النبوءة. وفي أقل القليل فإن من المؤكد أنه سيكون في إمكاننا استعمار منظومات نجمية أخرى.

إن علينـا أولا أن نخطط للبقـاء على كـوكب الأرض مـادام هـذا الكـوكب موجـودا. وسيكون علينا أن نقرر مـاذا سنفعل لو أصبحنا مهددين بـالارتطام بالمذنبات والكويكبات، أو غير ذلك من المخـاطر الكثيرة التي يمكن توقعها خلال ٢٥٠ دورة أخرى حول درب التبانة. وسوف يأخذنا هذا خلال سحب الغبـار حيث تتشكل النجـوم الجديـدة من حطام النجـوم القـديمـة، وحيث سنجد أنفسنا ذات يوم على مقربة من نجم متوهج فائق التوهج (سوبرنوفا) أو نجـد أن مدارنـا قد اضطـرب نتيجة اقترابـه أكثر ممـا ينبغي من نجم ما آخـر. فهنـاك العـديد من الأشيـاء التي قـد يحدث أي منهـا قبل أن تصبح الشمس عملاقا أحمر.

ويتعين أن يكون بإمكـاننا، من أجل الاستعـداد لمواجهة أمـور كهذه، أن نغادر كوكبنا لنستعمر الفضاء.

إن الطيران عبر الأطلنطي كـان يمكـن أن يعـد حلما مستحيـلا بـالنسبـة لكولومبوس عندما أبحـر عبر المحيط لأول مرة، أما الآن فإنه يحدث كجزء من إجازات يشـارك فيها الملايين. وأنه ليبـدو لي أن استعمار الفضاء بعـد سنوات معدودة هو بمنزلة الاستنتـاج الطبيعي لما يحدث اليوم. ونحن نعرف أننا يجب أن نفعل ذلك حتى نضمن البقاء.

وإذا استعمـرنا عـوالم أخرى فإننـا سنجابـه بالحيـاة بعد أن تموت شمسنـا الجدّة. وسوف نـرى مجرات نجوم بأكملهـا وهي تفنى بينما الكون كلـه يتحرك بإصرار نحو نهايته هو نفســه. ذلك أن الكون شيء حي، يتطور مثلما نفعل، لينتهي بالموت. وعلى هـذا المدى من الزمان سنكـون نحن أيضا قد تطـورنا إلى أشكال جـديدة. لقد انبثقت الحيـاة الحالية من جزيئـات بسيطة في زمن يقل عن ٤ بلايين سنـة، وهكذا فإنـه بعد خمسة بـلايين سنة أخـرى سيحمل أفراد سلالتنا البعيـدة أقل شبه بنا مثلما نحمل أقل شبه بـالأميبا الأولى. والواقع أن

حاجتنا إلى أن نغير شكلنا، إن لم تكن لمجرد أن نخرج بعيدا عن الأرض، فإنها ستزداد أهمية بمرور الوقت، ذلك أنه إذا كـان الكون سيظل باقيا رغم أحداث الانقراض المفـاجئة التي تأملنا فيها، فـإنه في النهاية سيتقلص إلى سخـونة أو يتمدد إلى برودة قصـوى. وعظامنا وما يكسوهـا من لحم لن تظل باقية مع أي من هذين الحالين؛ أما ما قد يظل باقيا فهو بشر قد تحولت أشكالهم كما يفعل السحر. وقد درس العالم الأمريكي فريمان ديسـون، من جامعة برنستون، هذا الموضوع، وسوف أصف بعض أفكاره في موضع آخر من هذا الفصل.

ولنبدأ بـالأهم أولا، ونناقش السـؤال التالي: ما الـذي يمكن أن نفعله بشأن المشاكل الأكثر مبـاشرة؟ ثم بعدها نلقي نظرة على توقعـات بقائنا في أعماق المستقبل.

## الاستعداد للاصطدام

لعل الأمر أنه على المدى القصير سيكون علينا أن نواجه توقع ارتطامنا بأحد الكـويكبـات. ولقـد اصطـدمنـا في الماضي بأجـرام من حجم متـوسط، بل وحـدث ذلك في هــذا القـرن. ويبــدو أن المستقبل لن يكـون أقل تعــرضـا للمخاطر. وسوف نجد أنفسنا إن آجلا أو عاجلا في الطريق إلى الاصطدام مع وحش حقيقي. ما الذي يمكننا أن نفعله بهذا الشأن؟

إن الأبحاث التـي أجريت بهذا الصدد قليلـة إلى حد ملحـوظ. ولعل من الصعب أن يعمل المرء فكـره في شيء، وليس من الأمـور الملحة في التـو. ومع ذلك فهناك الكثير مـن المشاكل التي يجب تنـاولها والتي تهدد نوعنا بـالفعل، ومعظمها نحدثه نحن بأنفسنا. وإذا كنا عاجزين عن التوصل إلى حلول بشأن كوارث فنـاء نحدثها لأنفسنـا، فهل هناك أمل في أن نقوم بجهـد جماعي ضد الانقراض الطبيعي؟

هل علينـا إذن أن نفقد كل أمل؟ هل قـدر للوجـود البشري أن نكتة كبرى فحسب من نكات الطبيعة ـ نوبة وجيزة من الضوء ومن الوعي الذكي بالكون ـ تقع مابين امتدادين هائلين للظلام؟ هاهنا يكون لسياسييّ العالم دورهم الذين يسهمون بـه للإجابة عن هـذا السؤال النهائي. والعلماء أيضـا ينبغي أن يهتموا بمسألة الكـوارث الطبيعية. وقد اقترح جـوزيف سميث بجامعة شيكـاغو أن يبدأ المجتمع العلمي دراسـة تمتد ١٠ سنوات تـدور حول توقي الاصطـدامات مع النظر في فحص ما تكلفه هذه المهمة والنواحي العملية فيها.

وأول شيء نحتاج إليه في هذا الصدد أن نعـرف عدد الكويكبات ومداراتها معرفة أفضل، وأن نكتشف كل الكـويكبات الكبيرة التي لها مسارات تتقاطع ومع مسـارنا. وينبغي إطـلاق أقمار صناعيـة على نحو منتظم تحمل معـدات قـادرة على كشف أجـرام أبـوللـو الكبيرة (الكـويكبـات التي تمر عبر الأرض) والمذنبات الجديدة. وتكون الاستراتيجية المتبعة في ذلك هي إجراء مسح سريع لتلك المدارات التي تكـون الكـويكبات أكثـر احتشـادا فيهـا، ويعقب ذلك حساب روتيني لمداراتها. وعلينا بعدها أن نرصدها ثانية فيما بعد للتأكد من أن هذه المدارات قد تم تحديدها تحديدا صحيحا. وسرعان ما سنتمكن بعدها من أن نذكر بدرجة كبيرة من الدقة إلى أين سوف تذهب ومتى يكون ذلك.

وبعدها، ومع تنامي خبرتنا، فإنه يمكن مد هذه الأبحاث لتشمل الأجرام الأصغر (فحتى الأجـرام التي لا يزيد عرضها على ١٠ أمتـار يمكنها أن تسبب ضربة لها خطـرها). وسيكـون من الصعب اكتشاف الأجـرام الصغيرة البعيدة جدا في الفضـاء. وبالتـالي فإن الأمر سيحتاج إلى منظـومة من التليسكـوبات تغطي السماء.

وإنشاء الجدول الـزمني للكويكبـات أمر يـدخل تماما في نطـاق القدرات التكنولوجية الحالية. والأمر يتطلب إرادة فحسب. على أن مايثير القلق «حقا»

هو أن هذا الأمر يتطلب أولا يقظة في الـوعي. وآمل أن يكون هذا الكتاب قد أوضح أن الأمـر «هـو» هكذا. وفضـلا عن ذلك فإن القيـام بهذا الأمـر يمثل جهدا علميا لـه جدارته الذاتيـة، وسوف يحث على تطوير المعـدات اللازمة، وهي معدات ستجد مجالات للتطبيق تتجاوز كثيرا الهدف الأصلي. لقد أُنفقت بلايين الدولارات على إرسال بضع رجال إلى القمر؛ أمـا رصد الكويكبات فإنه عند مقارنته بذلك سوف يكلف القليل.

هـذه إذن هي الخطوة الأولى، أن تعـرف عـدوك. أما الأمـر التالي فهـو أن علينا أن نفعل شيئا بهذا الصدد.

إن عالمنا هذا المفتون بالمبادرة الدفاعية «حرب النجوم» أصبح ينجرف بعيدا مع الهيمنة الكليـة للتكنولوجيـا. فمشكلة التعامل مع كتلـة صغيرة تقترب منا هي مشكلـة «بسيطـة» ومـا علينا إلا أن نطلق عـدداً من الصـواريخ المحملـة بمعدات نووية ـ حرارية فنفجر الصخرة إلى فتات. وكما رأينا في الفصل الرابع فإن هوليوود قد اختارت هذا الحل في أحد أفلامها الكوارثية. على أن ذلك أمر بعيد الاحتمال تمامـا مثل بُعد احتمال الاعتقاد القائل إننـا نستطيع أن نبني درعا واقيا من أشعـة الليزر والأسلحة فـوق رؤوسنا وأن نعتمد على أنـه سيعمل يوم الحاجة إليه بكفاءة ١٠٠ في المائة.

وربما أمكن تفـادي ذلك الاقتراح «الفـاوستي» بإطـلاق وسائل نـوويـة ـ حرارية لو أننـا اكتشفنا أن الكويكب الذي يقترب منا في مدار لـولبي إنما يدنو ببطء من مدارنا في دوائر متعاقبة. فسيكون لدينا عندئذ سنوات عديدة لنستقر على النهج الذي سوف نتخـذه ـ ومجرد انحراف صغير في المسار سيكـون كافيا لأن يجعلنا آمنين.

ومن بين المجالات الأخـرى لجهلنا ما يتعلق بتكوين الكـويكبات والمذنبات.

لقد أوضحنت لنا بعثة جيوتو إلى المذنب هالي أمورا كثيرة عن المذنبات أكثر من كل ما عـرفناه من قبل. فالمذنبات أضعـف تأثيرا، واحتمال إثارتها لقلقنا أقل بالمقـارنة بالكـويكبات. أمـا الكويكبات فـرغم أن أجزاءً منهـا قد حطت على الأرض فإن معرفتنا بها وهي في حالتها الأصلية هي معرفة جد محدودة.

والـواقع أننا نحتـاج إلى بعثـات منسقة تطير إلى مسـافـات قريبـة من كل الكويكبات والمذنبات. ولقد أرسلنا روبوتات إلى المريخ، وبالتالي فبإمكاننا أن نهبط على أحد الكويكبات. وهذا ضروري إذا كـان علينا أن نحدد خواصها. فنحن في حاجة، على سبيل المثـال، إلى أن نعرف ما إذا كانت صلبـة وجامدة أو سهلـة التفتت، وهل هنـاك على السطح الكثير من رقـائق من حجـارة مكسـورة؟ وهل هي هشة وعـرضـة لأن تتحطم اصطناعيـا؟ وهل من السهل الطيران حول كويكب أم أن هناك سحابـة من الحطام تخلق مخاطرا لفريق رواد الفضاء الذي ينوي التعامل مع الكويكب؟

تلك هي الكارثـة الطبيعية الكونية الأكثـر احتمالا، ونحن نستطيع أن نبدأ في معـالجتها بـوسائل غير معقـدة نسبيا. فقط علينـا ألا نكتفي بالجلـوس في سلبية ونحن نترقب انقراضنا مادام لدينا إمكانات تطوير الوسائل التكنولوجية اللازمة للتعامل مع المشكلـة. وبعض الخطط التي وضعت لمحاولة النجاة من الفناء النـووي قد تنطوي على دروس تفيدنـا فيما يختص بكارثة أرضيـة من نوع ما أنـاقشه هنا. فبعض الآثار النـاجمة عن حوادث الاصطدام الهائلـة ستكون مشابهة لتلك التي تنجم عن حرب ذرية تشمل الكرة الأرضية. والشتاء الذري الذي يسببه دخان المدن المحترقة في الحرب الذريـة، قد يكون له مثيله أيضا في سحابـة الغبار القـادمة مـن. أحد الكـويكبات مثيرا الاضطـراب في الغلاف الجوي. إن الغلاف الجوي لـلأرض يستغرق ما يزيـد على عامين حتى يخلص نفسه من جسيمات رذاذ الإيروسول، وإذن فهذه أيضا هي الفترة التي سنحتاج

إليها لتدبير نجاتنـا هنا. والسويسريون لديهم خطة قـومية هي مثال جيد يبين لنا من أيـن نبدأ. فمن المحتم أولا أن يكـون لدينا مـلاجىء تحت الأرض لكل الأفـراد تخزن فيهـا دائما إمـدادات مـن الطعـام وغير ذلك من الضروريـات بما يكفي لعامين.

على أن حتمال اشتعال حـرب نووية، على المدى القصير، أقرب إلى حـد ما من احتمال الاصطدام بكويكب، ولما كان عدد من يخططون بجدية للنجاة من الحرب النوويـة هو عـددا قليلا جـدا، فإنه ليس هناك أمـل كبير في أن توضع هـذه الأفكار مـوضع التنفيـذ. وأنا أسجل الحقـائق فحسب على أمل أن يهتم الناس بها في النهاية اهتماما يكفي للتصرف على أساسها.

## عوالم جديدة

قـد نتعلم كيف نتعـامل مع الكـويكبـات والمذنبات والكـوارث الأخـرى الطبيعية، لكننـا سيكون علينـا إن آجلا أو عـاجلا أن نغـادر هذا الكـوكب، فالشمس سوف تصبح في النهاية عمـلاقا أحمر ويجب أن ننطلق بأنفسنا إلى ما وراء المدى الـذي ستـدمـره. وإذا واصلنـا العيش على مقـربـة من الشمس المتضخمـة فسيكون علينـا أن نكيف مصـادر إمدادنـا بـالطـاقة مع الظـروف الجديدة. فـربما سيتعين علينا أن نذهب لنستعمـر منظومة نجميـة أخرى، أو حتى أن نهجـر المجرة إذ تفنى النجـوم أو تتقلص للـداخل لتشكل ثقبا أسـود هـائلا. وهناك احتمالات أكبر بأن نكـون قد دمـرنـا أنفسنا في حـرب نوويـة ـ حـرارية أو بـالتلوث الصنـاعي قبل أن تتـاح لنا الفـرصة لنـرى ماهي حـدود إنجازاتنا التكنولوجية.

ورغـم هذا فإن علينـا أن نصنع البداية. وليـس من الواقعي أن نخطط لمستقبل جد بعيد، ولكن الخطوة الأولى قد تم اتخاذهـا بالفعل عندما وقف أرمستـرونج فوق

القمر. وهناك أفراد كثيرون ممن يعيشون اليوم قد ولدوا قبل وجود خطوط الطائرات التجارية، وهم الآن يرون مغامراتنا في الفضاء. وفي خلال عقد من السنين بعد أن أذهلنا يوري جاجارين وجون جلين في رحلات دورانهما الرائدة حول الكوكب، وصلنا إلى مرحلة لم تعد فيها الرحلات إلى القمر من الأحداث المثيرة لوسائل الإعلام. وبحلول عام ١٩٨٦ أصبح الأفراد العاديون تحجز لهم المقاعد في مكوك الفضاء وكأن الجبهة الجديدة قد تم قهرها بالفعل.

على أن كارثة المكوك تشالنجر قد جعلت أناسا كثيرين يتشككون في العلم والتكنولوجيا، وكأنما قد قضي على البشر أن يظلوا مربوطين للأرض وأنهم إنما يتحدون قدرهم عندما يحاولون الطيران. ومع ذلك فقد شهدنا في الشهر نفسه نجاح مهمة سفينة الفضاء فوياجير التي طارت حسب التعليمات عبر أورانوس، وأرسلت صورا من نقطة على الحدود الخارجية للمنظومة الشمسية، وهو أمر كان يعد مستحيلا منذ عشرين عاما. ولأول مرة يتم بتعاون دولي إرسال مجموعة من الصواريخ لتلتقي بالمذنب هالي.

ولا شك أن تكنولوجيا ارتياد الفضاء وتطويره موجودة بالفعل. فهل يتمثل الحافز الأفضل لأبحاث المستقبل حقا في أن نبث الليزر والمرايا في الفضاء لأهداف عسكرية؟ إن اللاجئين من الحروب يستطيعون حتى الآن أن يهربوا إلى بلاد أخرى. فأين يكون المكان الذي يستطيع أن يتوارى فيه لاجىء من حرب نووية ــ حرارية عالمية؟ إلى أين نذهب حين يتم تلويث الهواء بعوادم السيارات، وتدمير الأشجار لصنع ورق السجائر (والكتب) وتصبح الحياة مستحيلة تماما في البيئة الصناعية؟ سيكون علينا في مرحلة ما، قريبا جدا، أن نبدأ التفكير في ذلك تفكيرا جديا.

إن كتاب روايات الخيال العلمي يعرفون الإجابة: لقد جعلونا نسكن في كواكب أخرى، وكويكبات، ومحطات فضائية بنيت لهذا الغرض. وفكرة بناء

مستعمرات فضـائية نظـر فيها بعض العلماء نظـرة جديـة، وفي مقدمـة هؤلاء جيرارد أونيل بجامعة برنستون. وقد بـدأ مشروعه في ١٩٦٩ كحافز لمقرر فيزياء كـان يدرسـه في الجامعـة وبالتـدريج أصبح واضحـا أن الفكـرة معقولـة وأن التكنولوجيا المطلوبة لها متاحة في معظمها.

وقـد كتب أونيل عن أفكـاره ببعـض التفصيل في مجلـة «الفيـزيـاء اليـوم» (سبتمبر ١٩٧٤) وفي كتاب «الجبهة العالية» (جوناثان كيب ١٩٧٦) ومن ثـم فسوف أستعرض أفكاره بإيجاز فحسب.

يحتاج الناس إلى الهواء والماء والأرض والجاذبية والطاقة حتى يواصلوا عيشهم. ونحن نستطيع أن نحصل على ذلك كله لو عشنا داخل أاسطوانات هائلة، طولها أميـال عـديدة وقطرهـا بضعـة أميـال. وهذه الأسطـوانـات تلف بحيث نكـون مضغوطين إلى الأرض كما في جهاز طرد مركزي ـ وإن كنا سنحس بتأثير ذلك وكأنه تأثير الجاذبية. وستـزودنا أشعة الشمس بـالطاقـة، بما يكفي لإشباع حاجـاتنا بما يـزيد على عشرة أمثـال استهلاكنـا الحالي. ومن الممكن في الأسطوانـات التي تبلغ هذا الحجم أن نبني المدن والحقول والغابـات، بل وحتى الجبال، بما يعطي منظورا أرضيا وبما يقلل من الإحساس النفسي «بالحنين إلى الوطن».

وتتمثل إحدى العقبات الرئيسية التي تواجه السفر في الفضاء في الانطلاق بعيدا عن الأرض. ويمكن في هـذا الصدد أن نقارن بين الصـواريخ الضخمة التي أرسلت مـلاحي السفينـة أبـوللـو إلى رحلتهم وتلك السفن الصغيرة التي ارتفعت بهم بعدها من فـوق سطح القمر، فجاذبية القمـر جد ضعيفة بحيث يمكن لأي فرد أن يصبح هناك بطلا للوثب العالي. ويمثل القمر بذلك منصة إطلاق مثـالية لمغـامرات الفضـاء. وفوق ذلك فإن القمـر غني بالمعـادن التي يمكن استخراجهـا ورفعها في الفضاء لبناء المستعمرة. أمـا على المدى الطويل فسوف يمكن أيضا استخراج المعادن من الكويكبات.

واستخـدام المواد من الفضـاء الخارجي يعـد وثبـة كبيرة. وحتى الآن، تعتمـد بعثـات الفضـاء اعتمادا كليا على الإمـدادات المجلـوبـة من وطننـا الأرض، مثلما كـان يفعل المسـافـرون الأوائل في البحـار. ثم إنهم بعـدهـا وصلـوا إلى الأراضي الجديـدة، واكتشفـوا أشيـاء جـديـدة واستثمـروا اكتشافاتهم. وهـذا هو مايمكن أن يحدث في الفضاء. وأكبر عـامل تحرير لنا سيكون استخراج المعادن من المنظومة الشمسية.

## إذن كيف تكون البداية؟

ينبغي أن يكون متـاحا بـالفعل بناء نمـوذج أولي نصف قطره ١٠٠ متر وطـوله نصف الميل. ويمكن أن يعيش على هذا النموذج عدد من السكان يصل إلى بضعة آلاف! وإذ تلف الأسطـوانة كل ٢٠ ثـانية فسـوف ينتج عنهـا تأثير يماثل جاذبيـة الأرض. ويمكن للتكنولـوجيا الحالية أن تجهز أسطـوانة نصف قطرها أربعـة أميال وطولها ٢٠ ميلا بها يمكن أن يتسع لسكنى ١ ـ ٢٠ مليـون فرد كأقصى حد بيئي. وسيكون الجو ممـاثلا للجو على الأرض على ارتفـاع ميلين، وبالتـالي فلن يحتاج إلا لأقل تأقلم، ولكنه سيكون صحيا تماما كما يشهد بذلك متسلقو الجبال. وستكون السحب مماثلة لتلك التي نراها في يوم من أيام الصيف.

والواقع أنه لو كان لديك أسطوانتان تدوران في اتجاهين متضادين فسيكون بإمكـانهما الاحتفـاظ بـاتجاههما، وهما تـدوران حـول الشمس. وسطح كل أسطوانـة ينقسم إلى مناطق أرض وإلى نوافـذ. ولما كان محور الأسطوانـة متجها إلى الشمس فإنك لا تستطيع أن ترى ضوء الشمس مباشرة من خلال النوافذ. وليس هناك جو خارجـي ليحدث استطارة في الضوء Scatter ويجعـل السماء زرقاء. وهكذا فإنك سوف تحتاج إلى مرايا في الخارج تعكس ضوء الشمس من خلال النوافذ.

وتدور المرايا مع الأسطوانات. وتستطيع أن تـزيد أو تقلل من كمية الضوء بأن تفتح أو تغلق أغطية فوق المرايا. وهكذا فإنه يمكن التحكم في طول الليل والنهار للتحكم في متوسط درجة الحرارة داخل الأسطوانة ولمحاكاة الفصول.

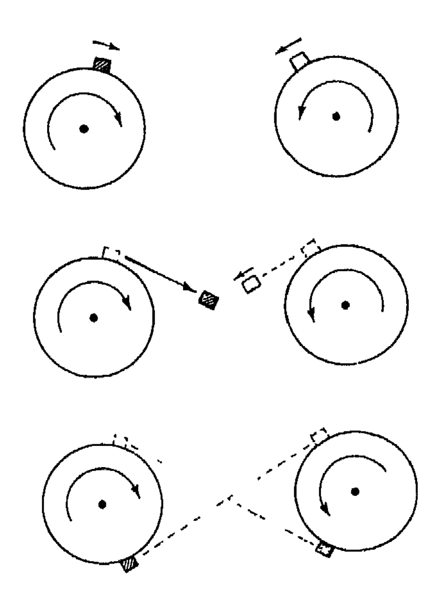
وتوضع محطات قوى شمسية عند الطرف الشمسي من الأسطوانة، بحيث تتلقى أقصى قـدر غير محجوب من الإشعـاع. وتنتج هذه المحطات قـدرا من الطـاقة يكفي الأسطـوانات المسكـونة، ويكفي أيضـا الأسطوانـات الزراعيـة المصاحبة لها.

والمناطق الزراعية تحيط بالأسطوانة الرئيسية. والمناخ فيها يمكن توزيعه على الفصول بحيث يكـون هناك دائما إمدادات طـازجة من المحـاصيل المختلفة. وتصميم هذه الأسطوانات يمكن أن يكون عمليا أكثر، فليس هناك حاجة إلى تضمين وسائل مساعدة «سيكولوجيا» من باب تقليد ملامح الأرض.

لقـد عـالجت الفصـول الأولى من هــذا الكتـاب مخاطـر الاصطــدامـات. ومستعمرات الفضاء ستكون أكثر تعـرضا لهذه المخاطر لأنها ليس لها درع من هواء خـارجي يحرق الحجارة، وهي من نـاحية أخـرى هدف أصغـر كثيرا من الأرض. والشهب في معظمهـا مُـذَنِّبيـة، وهي كـرات ثلج أكثر منهـا صخـريـة. واحتمال الارتطام بكتلة من طن واحد هو احتمال واحـد كل مليون سنة. والقطعة التي تزن ١٠٠ جم سوف تـرتطم مرة في كل ثـلاثة أعوام في المتـوسط، على أن سفن الفضاء المصممة تصميما جيدا ستكون قادرة على التعامل مع ذلك.

والانتقال داخل الأسطوانة يمكن أن يتم بوساطة الدراجة أو عربات تسير بقوى كهـربائية لا تـؤدي إلى التلوث، وفي حدود مسافـات مداها عـدة أميال فحسب لن تكـون هناك حـاجة إلى أكثـر من هــذا. وسيتضمن السفر مـا بين الأسطـوانات استخـدام سفن بلا طـاقـة تستخدم الـدوران الطبيعي للسطح

ليطلقها في طريقها. والسطح يتحرك بسرعـة تقرب من ٤٠٠ ميل في الساعة. ولو أنك أطلقت سفينة على الحرف الخارجي فإنها ستنطلق لتطير في خط تماس عبر المسافة مابين الأسطوانتين بسرعة طائرة نفاثة. وإذ تتدلى لأسفل الأسطوانة الأخرى فإنها ستتمكن من أن تـرسو عند سرعـة الصفر النسبية ــ مثلما تمر كرة بين عصاتين من مضارب لعبة لاكروس* (انظر شكل ١٣ ـ ١).



شكل (١٣ ــ ١) الانتقال مـابين أسطـوانتين تـدوران الأسطوانـة التي إلى اليسار تدور في اتجاه عقارب الساعة. والعـربة (الصندوق الذي على القمة) ترحل عند سرعة الصفر النسبية على السطح، وهي سرعة كبيرة جدا بالنسبة إلى مـركز الأسطـوانتين، وتصل المركبة إلى الأسطـوانـة الأخرى التي تـدور في اتجاه ضد عقارب الساعة، ويتم الإمساك بها وهي عند سرعة الصفر النسبية مرة أخرى.

* لعبة لاكـروس Lacrosse لعبة تمارس على ملعب أرضه من النجيل، ويستخـدم المشاركون فيها مضارب ذات مقـابض طويلـة للإمسـاك بالكـرة، أو حملها، أو تسـديدها إلى مـرمى الخصم. (قاموس وبستر).

ويمكن أن يعيش داخل سلسلة من الأسطوانات تنفصل عن بعضها البعض بمسافة ١٠٠ ميل عدد من السكان أكبر في مجموعه من عدد سكان الأرض حاليا. ويمكن لأصحاب الثقافات المختلفة أن يشغلوا حسب الرغبة أسطوانات مختلفة، والواقع أن الإمكانات المتاحة أمام إجراء التجارب الاجتماعية لهي مما يتجاوز أي تقييم حاليا. ويأمل أونيل أن تقل «الحاجة» إلى الصراع والحرب. فمن المؤكد أن الضغوط من أجل الأرض وتحسين أسلوب المعيشة ستكون أقل مما على كوكب الأرض، وإن كنت على نحو ما أشك في أن يكون المجتمع البشري على مثل هذه الاستقامة. وقد تحدث مشاكل سيكولوجية غير متوقعة يصعب التغلب عليها. ففي الخمسينيات، على سبيل المثال، كان هناك اعتقاد في أن مباني الأبراج العالية سيكون فيها الحل الأمثل لإزالة الأحياء الفقيرة. ولكنها ولدت من المشاكل ماكان غير متوقع؛ فكان الكثير من السكان يفضلون لو أنهم ظلوا باقين في الظروف غير الصحية التي «حرروا» منها. فهل سيحدث أننا سنعيد اكتشاف مشاكل العزلة في شقق الأبراج العالية؟ الواقع أننا نفهم الطبيعة البشرية فهما جد متواضع هنا على ظهر الكوكب بحيث يصعب أن نستقرىء من ذلك ما سينطبق على بيئة جديدة تماما.

ويمكن لعربات معلقة أن تنقل الناس مابين الأسطوانات في ساعات معدودة. وليس من قيود تتعلق بالديناميكا الهوائية، وبالتالي فإن هذه العربات يمكن أن تكون واسعة مريحة، تختلف تماما عن ظروف ضيق طائرات الخطوط الجوية الحديثة. والعربات الخارجية التي تندفع من سطح أسطوانة إلى الأخرى يكون تشغيلها سهلا جدا بحيث ينبغي أن تكون الرحلات العائلية إلى المجتمعات البعيدة أمرا متاحا. أما الرياضات الملوثة للبيئة مثل سباق السيارات فمن الممكن إجراؤها في مواقع خاصة. وقد تنبثق أنواع جديدة من الرياضة مثل الطيران باستخدام القوة البشرية. فالجاذبية الفعالة داخل

الأسطوانات ناتجة من سرعة لفها، وهي تقل إذا صعدت من السطح تجاه محور الأسطوانة (عند هذه النقطة تختفي الجاذبية). وهكذا فإنك تصبح أخف عندما تتسلق الجبال ويمكنك أن تطير عندما تكون مرتفعا.

ومن حيث المبدأ فإن بإمكاننا أن نبني هذه السفن وأن نضعها حيث نشاء. أما عند التطبيق فمن الواضح أنها ينبغي أن تكون في مدى يسهل الوصول إليه من الأرض والقمر. وهذا أيضا في مدى بعدنا «الطبيعي» عن الشمس. وعلينا أن نتجنب أن يحدث لنا خسوف بوساطة هذه الأجرام الطبيعية بأكثر مما ينبغي لأن إمدادنا بالطاقة يعتمد على ضوء الشمس. ويجب أن تكون السفينة ثابتة بالنسبة لزحزحة موضعها في أبعاد المكان الثلاثة. والشمس والقمر يسببان أمواج مد وجزر على الأرض لها أهميتها، فإذا أتينا بالأرض أيضا إلى هذا النظام، فسيكون هناك خليط معقد من القوى يعمل على سفينة الفضاء. وقد تم حديثا الوصول إلى المعادلات التي تحل ذلك، ومن الممكن أن نجعل السفن ترسو عند مواقع خاصة مختلفة في جيرتنا بحيث تدور معنا حول الشمس بينما تقوم برحلات تصل إلى بضع عشرات الآلاف من الأميال. وعلى المدى البعيد سيكون من الممكن من حيث المبدأ أن توضع عدة مستعمرات في مدارات كهذه.

وإذن هيا نبدأ البناء.

إذا كان لدينا مواد من القمر فإنه يمكننا استغلال جاذبية القمر المنخفضة لرفع الأشياء عاليا بسهولة إلى مكان الإنشاء. والواقع أنه يمكن تجميع المكونات مسبقا في القمر. وهناك وفرة من المواد المؤكسدة على سطح القمر يمكن استخدامها للإمداد بالأكسجين من أجل الماء.

إن الكتلة الكلية لمحطة النموذج الأولى تصل إلى نحو ٥٠٠ ألف طن. ونحن نحتاج إلى الألمنيوم والتيانيوم والسيليكون والأكسجين، ويمكن

الحصـول على ٩٨ في المائة من هذه العنـاصر من القمـر. فإذا أضفت النترات والعناصر النادرة إلى تربة القمر يصبح لديك قاعدة أرض زراعية قابلة للنماء. وبهذا يتبقى مايقرب من ١٠ آلاف طن من مواد تجلب من الأرض، وهي مهمة هائلة ولكنها ليست مستحيلة بالضرورة.

ومقياس هذا المشروع بلغة نسبية لا يختلف جوهريا عن الملاحة حول الأرض في العصـور الوسطـى، وعن مشروعات الاستعمار العظمى في القـرنين السـابع عشر والثامن عشر. وهـو من الناحية التقنية مشروع عملي، على أن يتم الالتـزام به مثلما تم الالتـزام ببرنامج القمـر في الستينيات. وفيما يبدو لي فـإن المشكلة الرئيسيـة هي مشكلـة سيكولـوجية. فمن الـذي سيقرر: من الـذي ينبغي أن يذهب ليستعمـر أسطوانات الفضاء؟ هل لن يرغب أحد في الذهاب هناك أو أن كل واحد سيرغب في مغادرة الأرض الملـوثة، بما ينتـج عنه ظهور قـائمة انتظـار وصدور قـرارات عن الأولويـات تثير الشقاق؟ أخشـى أن الاحتمال الأول هو الأقـرب إلى الحقيقة، على الأقل في بدايـة الأمر. على أن هـذا قد لا يكـون أمرا سيئا. ففـي المرحلة الأولى لن يكـون النمـوذج الأولي ممـا يسهل السكن فيـه إلا لمتخصصين ملتـزمين، أمـا المستعمرات «الحقيقية» فستأتي بعد ذلك مع الخبرة المكتسبة.

وقـد قـدرت مقـالـة أونيل في عـام ١٩٧٤ أنـه يمكن الانتهـاء من تجهيـز النموذج الأولي للمحطة للاستخـدام بحلول ١٩٨٨. على أن ذلك العام حل دون عـلامـة على إنجـاز شيء مـا حتى الآن. وكل مـا لـدينـا للحث على التكنولوجيا العالية هو مايسمى «بالعلم الكبير» big science، وهو ما بدأت إنجلترا على الأقل أن تشك في قـدرتها على تحمل تكلفتـه، مع الإسراف في النفقات الحربية كما في مبادرة الدفاع الاستراتيجية لحرب النجوم.

ونحن يقينـا نستطيع أن نتصرف تصرفـا أفضل مـن ذلك. بل ويجب أن نفعل!

## حياة المستقبل

ظل الكون موجودا حتى الآن طيلة عشرين بليون سنة. وقد نشأ الجنس البشري منذ مليون سنة لا غير، وهو زمن تافه يساوي جزءا من عشرين ألف جزء من كل هذا المدى. ولو شبهنا مدى الزمان من الانفجار الكبير حتى الوقت الحالي بسنة كونية، فإن الحياة البشرية تكون قد نشأت أثناء آخر نصف ساعة في ليلة رأس السنة الجديدة.

فكل الجنس الذي نحن في قمته، قد بدأ فحسب خلال فترة بعد الظهيرة الأخيرة؛ وأول الثدييات الرئيسية لم تصل إلا خلال آخر يوم؛ وأول الثدييات بعامة نشأت أثناء الأسبوع الأخير؛ وأول الحشرات بدأت فحسب أثناء الأسبوعين الأخيرين. ولم تكن هناك أي حياة على الأرض على الإطلاق أثناء كل الربيع والصيف والخريف. وأول كائن حي من خلية واحدة بدأ ينشأ فحسب في نوفمبر من تلك السنة الكونية ثم حدث في الأيام الأخيرة من الشتاء تفجر الكائنات في طبقات وأشكال.

إننا عندما ننظر إلى الكون في هذا الإطار الزمني المضغوط فإننا نرى بصورة درامية كيف نشأت البنيات البيولوجية المعقدة نشأة سريعة سرعة قصوى. ولو نظرنا الآن إلى المستقبل فلربما استطعنا فحسب أن نتخيل ماهي الإمكانات الموجودة بالنسبة لأشكال الحياة التي ستأتي فيها بعد.

إن الكون يتطور ويتمدد ويبرد. ولو استمر على ذلك فإن الكوارث المختلفة ستبدأ في الحدوث بعد $١٠^{١١}$ سنة (أي بعد مليون سنة من الآن ـ انظر الفصل الحادي عشر). وفي النهاية فإنه يمكن توقع أن تتآكل المادة نفسها، ولعل ذلك أن يكون على مدى زمني يصل إلى $١٠^{٣٠}$ سنة. هب أن الكون له عمر بهذا الطول، فأين نكون نحن الآن؟

لو أننا شبهنا كل حياة الكون بمقياس عمر الإنسان الممتد لمائة سنة ، فإن الحياة حتى وقتنا الحالي ستكون مناظرة لجزء من الثانية بعد الحمل .

هب أن كل ما نعرفه عن الحياة هو وجود البويضة التي تشكلت حديثا ، فهل سيمكننا تخيل الجنين والطفل والإنسان البالغ؟ من المؤكد أن خيالنا لن يصل إلى أن يعمم إلى هذا الحد . والنوع الإنساني Homo Sapiens هو بالمقياس الكوني شبيه بتلك البويضة التي تشكلت بالكاد . وإذا افترضنا أننا سوف نتمكن من أن ننجو من العقود النووية المعدودة التالية ، فما الأشكال التي سوف تنشأ بعد مرور دهور من الزمان؟ أعتقد أنه بهذا المقياس ، وإذا أخذنا في الاعتبار معدل السرعة التي حدث بها التطور حتى الآن ، فإننا يمكننا أن نفترض أن كل ماهو ممكن من حيث المبدأ سوف يحدث في التطبيق . فإلى أين يقودنا هذا؟

إن مجرد التفكير في هذا الأمر على أي نحو جدي فيه افتراض مسبق بأننا نعرف ماتكونه فعلا «الحياة» ذات الوعي . وهي إذا كانت لا تزيد فحسب على تجمع معقد لبعض الجزيئات فإنه قد يصبح من الممكن أن يتم تحويل أشكال الحياة في المستقبل .

فلنتخيل مستقبلا يكون علم البيولوجيا والتكنولوجيا متقدمين فيه بدرجة تكفي للتمكن من صنع خريطة كاملة لك على المستوى الجزيئي أو حتى على المستوى الذري . سيكون تركيبك معروفا بالضبط بلغة ذرات الكربون والكالسيوم والأكسجين وما إلى ذلك . والطريقة التي تتركب بها هذه الذرات معا ، وكل ما يحددك «أنت» بلغة من الجزيئات العضوية التي تؤلف مخك ، هذا كله يوضع بقائمة داخل نوع فائق من الكمبيوتر . وبالتالي تصبح هناك «طبعة زرقاء»* وصورة تصميم هندسي . لبنائك «أنت» .

* الطبقة الزرقاء blue prints صورة الرسم أو التصميم الهدسي أو المخطط التفصيلي

والآن نحن في حاجة إلى ماكينة معقدة يمكنها أن تذهب إلى بنك كيماوي وتختار بضعة آلاف من بلايين بلايين ذرّات الكربون، وعدد مماثل من النيتروجين وما إلى ذلك، ثم تُجمع الذرات معا حسب طبعة التصميم الزرقاء. والواقع أن الأمر سيكون أقل تعقيدا من ذلك، حيث إن البنوك تختزن جزيئات مجمعة مسبقا بدلا من الذرات المكونة المفردة. وفي النهاية فإن الماكينة سوف تركب كل هذه الجزيئات معا وذلك بالضبط حسب نفس اتحادها معا كما توجد في «أنت» الحقيقي. ترى هل ستعتقد هذه المجموعة الجديدة من الجزيئات أنها هي أنت؟ إذا كان الوعي هو بالكامل نتيجة بنيات كيماوية، فإنه يمكن إذن افتراض أن هذه المجموعة الجديدة سيكون لها، في ذلك المثال الذكريات والأفكار نفسها التي كانت لك عندما صُنعت طبقة التصميم الزرقاء.

وإذا كان هذا صحيحا، فإننا سوف نتمكن من أن نبخر أحد الأفراد إلى الجزيئات المكونة له ثم نعيد تجميعها في مرحلة تالية. وإذا جمعنا قطع الصورة المتناثرة بأمانة كما كانت قبل عملية التبخر مباشرة فإننا سنحصل على الصورة الأصلية نفسها، أي أن الشخص نفسه سيوجد ثانية، وهو فيما يفترض لن يعي أن أي شيء غير موات قد حدث له.

وما أن يمتلك فرد «النوع الإنساني» القدرة على أن يختزن ويعيد بناء الجزيئات البيولوجية الجوهرية فإنه سيتحرر من شكل الجسد البشري. وسوف يمكنه اتخاذ أي شكل يرى أنه يلائمه بأفضل. وفي كون يشيخ ويبرد إذ تموت النجوم وتفنى موارد الطاقة، فإن أشكال الحياة التي تظل باقية هي تلك التي تستطيع أن تكيف نفسها بصورة أفضل مع متطلبات طاقة منخفضة.

وقد فكر فريمان ديسون كثيرا في مدى قابلية هذه الأمور للتحقق الواقعي، وبيّن أنه ليس فيها أي مما ينتهك أي قانون معروف في الطبيعة، فالطبيعة من حيث المبدأ قد تسمح تماما بأن يحدث ذلك؛ وفي ذلك وجود نطاقات زمانية

تمتد لأحقاب أطول بلايين المرات مما عشناه ، أفلا يكون من المعقول أن نفترض أن التكنولوجيا سوف تحوّل هذه الأفكار إلى واقع عملي؟ وكما يقول ديسون : «إننا لا يمكننا تخيل بنية خلية حية من البروتو بلازما ما لم نر إحداها» . وعلى المنوال نفسه ما كنا لنستطيع تخيل الطفل المولود حديثا إذا كان كل ما رأيناه هو بويضة غير منقسمة ، ومن ثم فإننا لا نستطيع التنبؤ بالأشكال التي ستتخذها الحياة بعد بليون سنة أخرى .

وهذا يعود بنا ثانية إلى سؤال «ما الحياة؟» ، ولست أقصد هنا ما يعطي الحياة «قوتها الحيوية» ، وإنما أقصد ما الذي يُعرِّف الحياة؟ إننا أيا كان الأمر نستطيع أن ندرك ما إذا كانت الأشياء «حية» وبالتالي فإن لدينا نوعا من الحدس بما تكونه الحياة . على أن الأمر الأكثر تعلقا بتأملاتنا بشأن المستقبل على المدى البعيد إنما يتمثل في الحياة «الذكية» .

إن علماء الكمبيوتر يطورون حاليا مايسمى الآلات «الذكية» . وحتى نعرف ما إذا كانت الآلة «ذكية» أم لا فإننا نخضعها «لاختبار تورنج» . (كان آلان تورنج رياضيا عبقريا مات عام ١٩٥٤ وعمره لم يتعد ٤١ عاما . وقد لعب دورا مبرزا في إنشاء الكمبيوترات الحديثة وهو مبتكر الاختبار المسمى باسمه) .

تصور أنك تجلس إلى شاشة كمبيوتر في إحدى الحجرات وتستخدمه للاتصال بكمبيوتر آخر يديره شخص لا يُرى في غرفة أخرى . وأنت تضع أسئلة عند شاشتك وتتلقى إجابات من الغرفة الأخرى . هل يمكنك أن تعرف من الإجابات إذا كان الذي في الغرفة الأخرى شخصا حقيقيا ـ أي كائنا ذكيا ـ أو أنه ماكينة في الغرفة؟

وإذا كنت تلعب معه الشطرنج وكنت لاعبا ماهرا إلى حد معقول فإنك قد تقرر سريعا أنك تلعب مع ماكينة ، أو مع لاعب غير ماهر! أما الآن وقد أصبحت كمبيوترات لعب الشطرنج تعمل على مستوى معقد فقد يكون من

الصعب أن تتخـذ قرارك. وإذا كـان من المستحيل أن تقـرر بالتخمين مـا إذا كنت تتعامل مع كمبيـوتر أو مع أحـد الأفراد، فإن الغرفـة الأخرى تحوي إذن مصدرا ذكيا. والآلة التي تجتاز هذا الاختبار يقال عنها إنها آلة ذكية.

وهذه الأفكـار عن الكمبيوتـرات يمكن أن تنقل مجال تطبيقهـا إلى عالم المنظـومـات البيــولـوجيـة، ويمكننـا أن نتخيل الكـائن الحي كنـوع من الكمبيوتر الـذكي. وبلغة الكمبيوترات، فإن الكمبيوتر هـو الجهاز نفسه hardware والبرنـامج هـو الحزم البرامجيـة soft ware. وفي المثـــال البيولوجي، فإن الإنسان هو «بـرنامج» قد صمم ليعمل على نوع معين من الأجهزة ـ هو الجسم البشري. والمعطيات مـدخلة في شفرة في مخزن من نوع خاص هو جـزيئات .D.N.A والخلايا العصبية. وهكـذا تصبح «الحياة» مكافئة لـ «معالجة المعلومات» information processing.

وإذا كنا فحسب مجرد برنامج ذكي قـادر على اجتياز اختبار تورنج، يصبح من الممكن إذن أن يتم تشغيل هذا البرنامج على نوع مختلف من الأجهزة. تلك إلى حد ما هي الطريقة التقنية لذكر ما سبق أن ناقشناه، أي على وجه التحديد إذا كنا سنتمكن مـن إعادة تجميع الجزيئات البيـولوجيـة الجوهريـة في أشكال جديدة لا تشبه البشر حاليا؟

على أن طريقة تورنج لطرح المشكلـة تذهب إلى ماهو أبعد من ذلك. فهي تثير ضمنيا السـؤال المتعلق بها إذا كنا سنحتـاج أصلا إلى ذرات الكـربون وإلى الجزيئـات. فلعل حضـارتنـا وحيـاتنـا نفسها، بمعنـاهـا كمكـافىء لعمليـة المعلومات، يمكن أن تستمر مع استخـدام أشكال من المادة تختلف تماما عن تلك التي تعـودناها. والحقيقـة أنه إذا كـان الكربـون والبروتونـات المكونـة له تنتهي بالتـآكل كما ناقشنا في الفصـل الحادي عشر، فإنه سيأتي وقت لن يحوي الكون فيه هذه المكونات الجوهـرية. وعلى ذلك فحتى إذا اخترع أفراد سلالتنا

التكنـولوجيـا اللازمـة فسيظل هنـاك السؤال عما إذا كنـا سنتمكن «نحن» من البقاء «من حيث المبدأ» .

فسوف نحتـاج أولا، حتى نبني هذا النظام، إلى استغـلال أي مادة تتبقى في الكون الذي يمـوت . كما سيتعين أيضا أن تكون هناك طاقـة كافية لتشغيل هـذا النظـام . وإذا كان مـن الممكن في المستقبل معالجة قـدر لا حـد لـه من المعلومات ، فإن «الحياة» يمكن أن تبقى للأبد .

وفي كون يتمدد ويبرد قد يكون من الممكـن حقا الوفاء بكل الشروط المقيدة وأن نبقى .

إن وحدة التخزين في الكمبيـوتر تسمى «بايت» bit (وهذا المصطلـح هو اختصـار لكلمتي«binary digit » الرقم الثنائي، وهـو يستخدم للتعبير عن قدرة الكمبيوتر على اختزان ماهـو نتيجة للاختيار بين بديلين اثنين) . ومعالجة المعلـومـات تتطلب التعـامل مع عـدد وحدات البـايت لكل ثـانيـة وقـوانين الطبيعة ، وخاصـة في الديناميكا الحرارية ، تحد من سرعة معـالجة المعلومات . ففي درجة حرارة الغرفة ، يكون من المستحيل أن تزيد السرعة على $١٠^{٢١}$ بايت لكل وات من الطاقة في الثـانية الواحدة . والكمبيوتـرات الحديثة محدودة تماما بهذا القيـد ـ والكمبيـوتر من نـوع IBM الشخصي سرعتـــه $١٠^{٨}$ بـــايت، والكمبيوتر الفـائق من نوع CRAY سرعته لا تتعـدى $١٠^{١٠}$ بايت في الثـانية لكل وات .

والآن هيا ننظر في مسألة الماكينة البشريـة . إن الفكرة عند الإنسان ، لحظة الوعي ، تبقى لنحـو ثانية واحـدة . وكل منا يبث مـايقرب من ٢٠٠ وات من الطاقـة عند درجة حـرارة الغرفة (بما يشبـه لمبة نور) . وهكـذا فإن أقصى سرعة لدينا هي $١٠^{٢٣}$ بايت (١٠ بايت مضروبة في ٢٠٠ وات) . والإبقاء على مجتمع ذكي عدد أفراده بليون فرد يتطلب مايقرب من $١٠^{٣٣}$ بايت . وذلك هو الهدف الذي يجب أن نفي به على نحو ما .

وممارسة عملية معالجة المعلومات تولد حرارة فاقدة. ويزيد ما يتم أيضه كلما تطلب الأمر المزيد من وحدات البايت وكلما ارتفعت أكثر. ونحن الآن نعيش على درجة حرارة الغرفة؛ ولعل أشكال الحياة في المستقبل سوف تتمكن من اختيار درجة الحرارة التي تكون الدرجة المثلى لها. وكلما قلت درجة الحرارة قلت الحرارة الفاقدة. على أنك يجب ألا تصل إلى درجة باردة أكثر مما ينبغي، فيجب أن تكون عند درجة أعلى من درجة الحرارة التي تكتنف الكون أي حرارة إشعاع الخلفية الكونية الميكروويفية (وهي حاليا - ٢٧٠ درجة مئوية) ويجب أن تكون قادرا على أن تشع بعيدا الحرارة الفاقدة التي تتولد من الأيض.

وجسيمات المادة التي يحتمل أكثر الاحتمال أن تبقى على المدى الأبعد ستكون الإلكترونات. والإلكترونات تشع طاقة كهرومغناطيسية؛ أي الضوء والحرارة وموجات الراديو. وتحد الطبيعة من معدل السرعة التي يمكن أن يحدث بها هذا الإشعاع. وهكذا فإنه حتى تستمر الحياة يجب على المخلوق أن يبث من أيضه حرارة فاقدة قدرها أقل من الحد الأقصى الذي يمكنه أن يشعه بعيدا. والبيات الشتوي يمكن أن يساعده على البقاء داخل هذه الحدود. ويمكن للحياة أن تقوم بعملية الأيض على فترات متقطعة بينما تستمر أثناء البيات الشتوي في إشعاع الحرارة الفاقدة بعيدا.

إن وعي المخلوق الذاتي بالزمان يعتمد على سرعة أيضه. وهذا الزمان الذاتي قد يكون على أدنى علاقة بالزمان «الواقعي». وقد حلل فريمان ديسون تأثير هذا البيات الشتوي واستنتج أنه رغم أن الساعات البيولوجية ستدور بصورة أبطأ، وتأخذ في العمل ثم تتوقف إذ يتمدد الكون ثم يبرد، فإن الزمان الذاتي ربما سيتواصل أبدا. وفضلا عن ذلك فإن قدرا «متناهيا» من الطاقة سيكون مطلوبا للبقاء لما لا نهاية. ومابين الآن والنهاية اللا أبدية، فإن مجتمعا له تعقد الجنس البشري لن يستخدم من الطاقة إلا قدر ما تشعه الشمس في ٨

ساعـات . وهكذا فإن مشكلـة احتياطي الطـاقة تصبـح أمرا تافهـا . ويمكن لـلاحتياطي الموجـود في إحدى المجـرات أن يبقى على مجتمع أكثر تعقـدا عن مجتمعنا ببليون بليون مرة .

وهكذا فإنه لا يوجد حتى الآن من حيث المبدأ أي شيء معروف في الفيزياء يمنع أن يحدث ذلك . أما تكنولوجيا أشكال الحياة وطريقة بنيانها فهذا أمر أقل تأكدا . وأحد الملامح التي ستكون مطلوبة هـو الذاكرة ـ فمن غير المرغوب فيه أن تكون خالدا ولك ذاكرة متناهية . ولدى ديسون أفكاره عن الطريقة التي قد تختـزن بها المعلـومـات بتنظيم الإلكترونـات البـاقيـة ــ مثل الشفـرة الثنـائيـة للكمبيوتر ـ وكأنها مغناطيسات صغيرة توجه لأعلى أو لأسفل .

وقـد كتب الفـلاسفـة أن هناك حقيقـة واحـدة كبيرة . هي أن الحيـاة بـلا هدف ، ومع ذلك فإن هناك حـافزا سيكولوجيا هـائلا للبحث عن هدف فيها كلها . والإبقاء على الجنس البشري ، وتنمية الـوعي والحضارة هي الخيوط التي تربط الأجيـال ، ومن هنا كـان الاهتمام بالانقـراض : فأنت وأنا سـوف نموت بـالتأكيد في يـوم مـا ولكن الآخـرين سيواصلـون سبـاق المحطات البشريـة . وإمكان أن يتوقف السباق هو أمر يثير قلقنا بالفعل .

عندمـا أفكر فيما حدث في السنـوات الخمسين الأخيرة فإني أتساءل عما إذا كنا سنظل باقين في الأعوام الخمسين التـالية دع عنك أن يقلق المرء بشأن وقوع انقراض طبيعي . إن العلماء يقيّمون الاحتمالات المستقبلية المتعلقـة بالبقاء بعد شتاء نووي . وها نحن الآن نكتشف فجـأة أن رذاذات الأيروسول تشق ثقبا في طبقـة الأوزون الـواقية فـوق القطبين ، ممـا سيسمح بإدخـال إشعـاع الشمس بدرجة يمكن بها أن يكون مميتا . وهذه مشاكل من صنع الإنسان قابلة لأن يتم حلها بالحلول السياسية المباشرة .

ثم هناك تهديـدات قد يمكننا أو لا يمكننا التعامل معهـا . فنحن في نظام بيئي واحد مع عالم من الكائنات الدقيقـة (المجهرية) . وهناك فيروسات تنمو هي وغيرها من الكائنات التي تنشر المرض . والطبيعة تظل دائما تسبق جهودنا بخطوة . ومن المشاهد المحبّذة في بعض روايات الخيال العلمي كمصدر تهديد للحياة وجود وعاء مشروخ في معمل من معامل حرب الجراثيم ، ولكن الطبيعة يمكنها أن تقوم هي نفسها بهذه المهمة ، ولست أعرف أي قاعدة عامة تقول إن العلم البشري يمكنـه بـالضرورة أن يقـاوم كل الطفـرات ، على الأقل في المدى الزماني المطلوب .

وكمثال على ما أقـول ، فعندما بدأت هـذا الكتاب ، كان الأيدز مـرضا لا يعرف عنه عامة الجمهور إلا القليل ، أمـا الآن فقد أصبح يدرَك على أنه تهديد كامن للجنس البشري . وعلى الطـرف الأقصى ، فإن الجنس البشري يمكن أن يتقلص ، إذ يغلب عليـه الزهـاد ، والعذارى غير المتـزوجات ، وبعض نسبـة مئـوية من ذوي الـزيجات الأحاديـة . وقد يقل عـدد السكان بكسر من نسبـة مئوية . وقد يقل بمقدار كبير . وفي الحالة الأخيرة سيكون هناك تغيير عميق في بنيتنـا الاقتصاديـة ـــ الاجتماعية إلى أن تفنى الفيروسـات حين لا تجد مضيفين تتكاثر فيهم . على أن البشر سيزدهرون ثانية .

إن احتمال وقوع كارثة طبيعيـة على المدى القصير هو احتمال صغير ، وهو ، وإن كان احتمالا أكيدا على المدى البعيد ، إلا أن لدينـا الكثير من الحياة باقية ، وينبغي علينا في المرة التاليـة أن نكون على درجة كافية من الـذكاء للتلاؤم مثلما يفعل النمل .

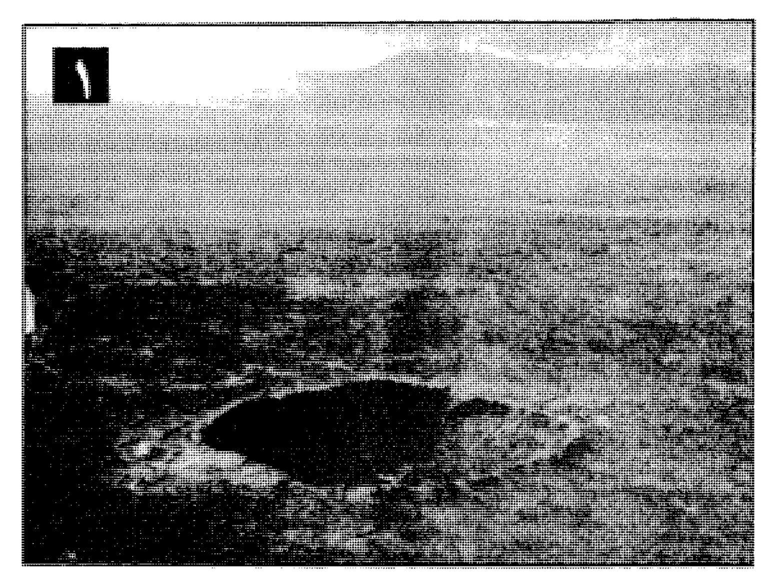
وأكثر الأشياء خطورة في الكون قـد تكون هي البشر أنفسهم . ونحن حاليا في فترة حـاسمة حيث ينبغي أن نـرتفع بـوضعنا الأخـلاقي ليتـوافق مع نمونـا العلمي والتكنـولوجي الـذي يتزايـد سريعا . ولـو حدث أن لاقينـا مخلوقـات

متقدمة آتية من عوالم أخرى فسيكـون مشجعا لنا أن نعرف أن هذه المجتمعات قد أثبتت إمكان القيام بذلك. وإذا كان لهذا الكتاب رسالة فإنها تتلخص فيما يلي: إننا لسنا أصحاب قدرة كلية. ونحن معرضون لظروف خارجية أكثر كثيرا مما نحب أن نصرح به. ولـو استطعنـا أن نتواضع بأنفسنـا حتى نتبين ذلك، فلربما أمكننـا بعدها أن نبـدأ في مواجهة الأخطـار التي نصنعها بأنفسنـا بقدر أكبر من المسؤوليـة والسرعة. فإن لم نفعل، فسوف نستيقظ ذات صبـاح لنجد أننا لسنا هنا!

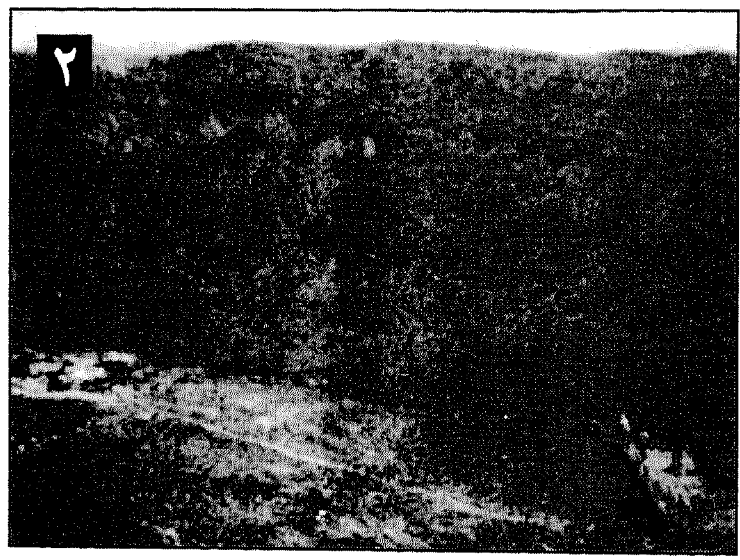




# ملحق الصور الضوئية

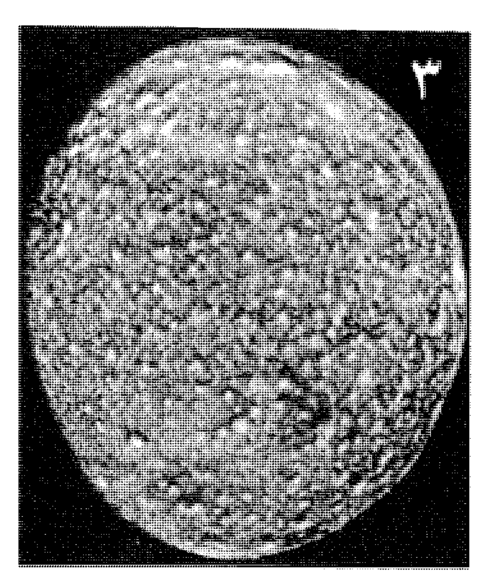



حفرة شهاب أريزونا ، وترى على البعد جبال سان فرنسسكو.

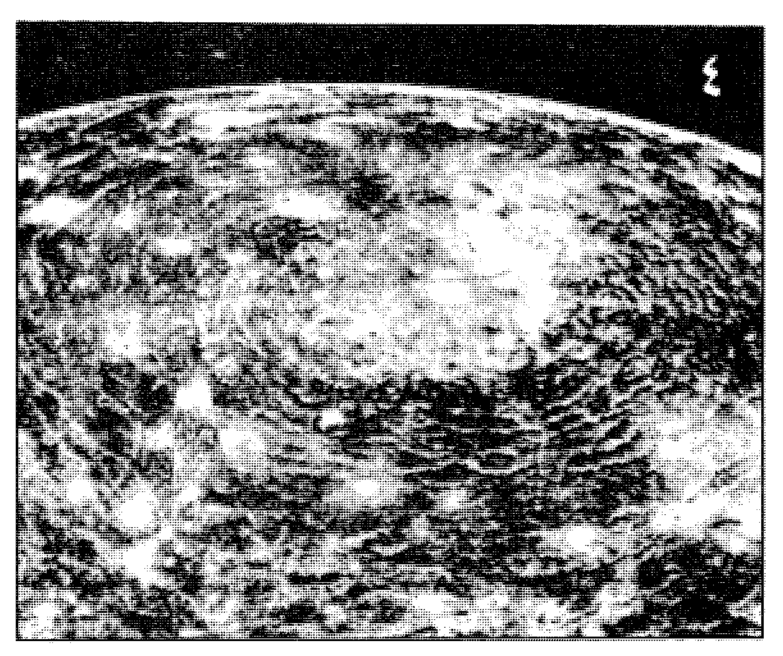


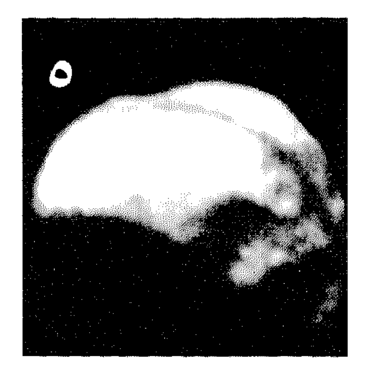

منظر مقرب للحفرة والسياح في يمين الصورة يبينون مدى اتساع الحفرة .

حفر فوق كالستو: آثار اصطدام نيازك تحفز سطح كالستو (أحد الأقمار التابعة للمشتري) .




منظر مقرب للمنطقة العليا من اليمين (الصورة السابقة) يظهر حوض اصطدام هائل يزيد قطره على ٣٥٠ ميلا . . والدوائر المتداخلة ناتجة عن ذروة موج ثلجية تناظر الأمواج التي نتجت عن الاصطدام الهائل . وهي تمتد لما يزيد على ٦٠٠ ميل .

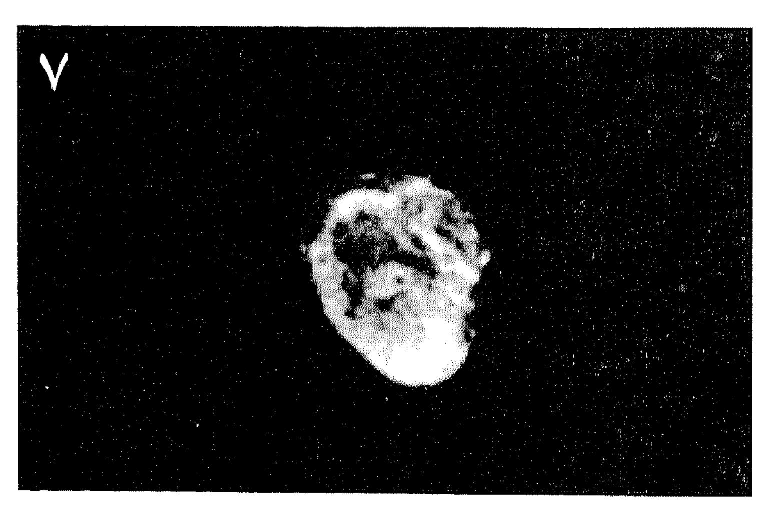


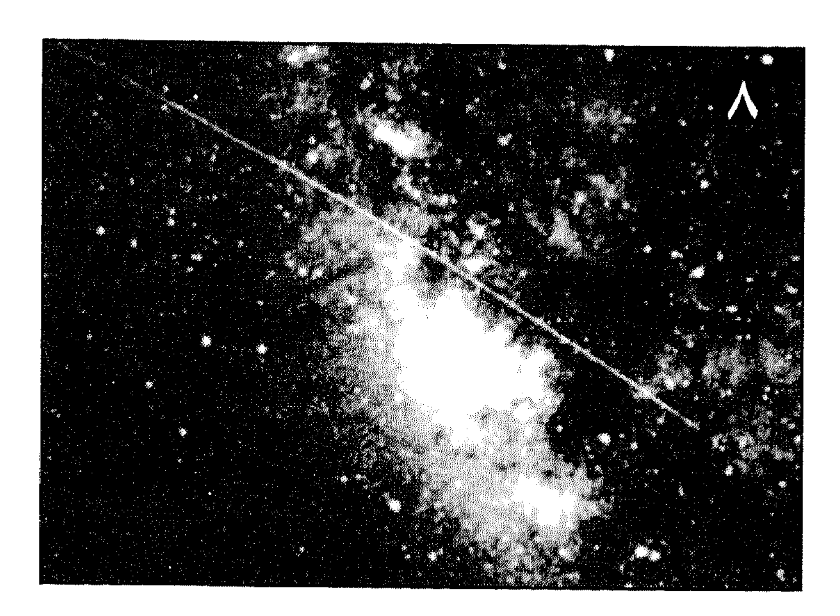



إبيمثيوس، القمر الحادي عشر التابع لزحل وشكله مثل إحدى الأسنان، طوله ٨٠ ميلا وعرضه ٤٠ ميلا، وهو فيما يحتمل شظية من اصطـــدام عنيف. ويماثـل ذلك هيبريـــون (الصورة ٧) القمر التابع لزحل والذي يجري تشبيهـه بحبة الفـول السـوداني وأطوالـه هي ٢٠٠×١٠٠ ميل.




ميماس، حفرة هرتشـل فوق ميماس، أحد الأقمار التابعة لزحل، وقطر الحفرة ٨٠ ميلا وعمقهـا ٧ أميـال مع نتوء مـركـزي يـرتفع أربعـة أميـال، وهـي فيما يحتمل نـاتجة عن اصطدام جرم يبلغ عرضه ثمانية أميال وهي تشغل نحـو ثلث حجم ميماس. ولو كـان الاصطدام قد تم بجرم أكبر من ذلك قليلا لسبـب ذلـك تفتيـت ميماس إلى قطـع عديدة.







منظر قلب المجرة من نصف الكرة الجنوبي، خط الذيل يرجع إلى نيزك ربما يكون قد حط في أحراش أستراليا.

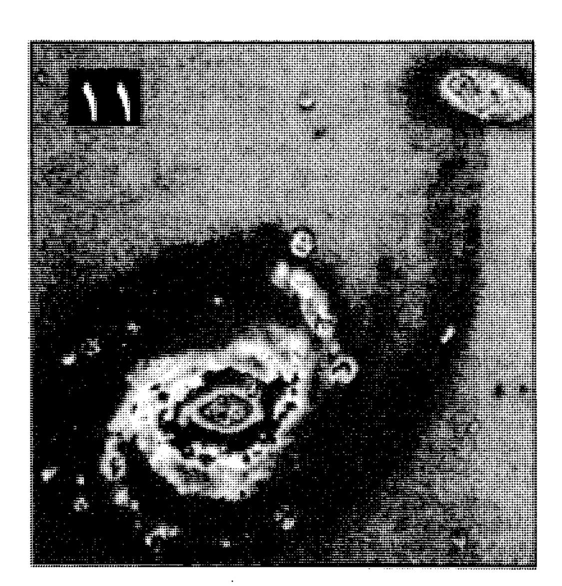




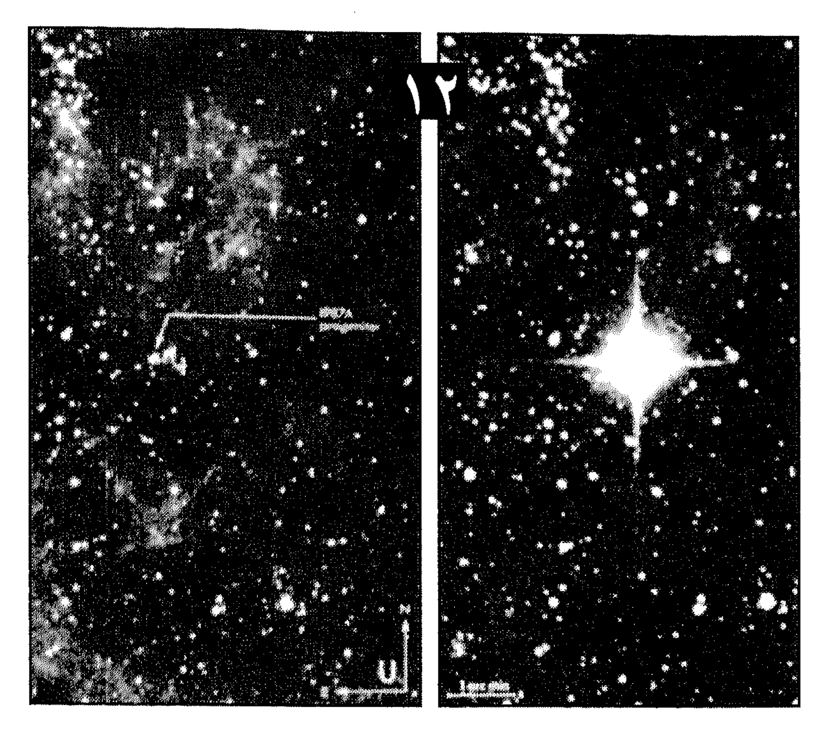
المذنب وست، تم تصويره فوتوغرافيا عام ١٩٧٦ سنة اكتشافه. وهذا المذنب الساطع لن يعود لآلاف السنين.



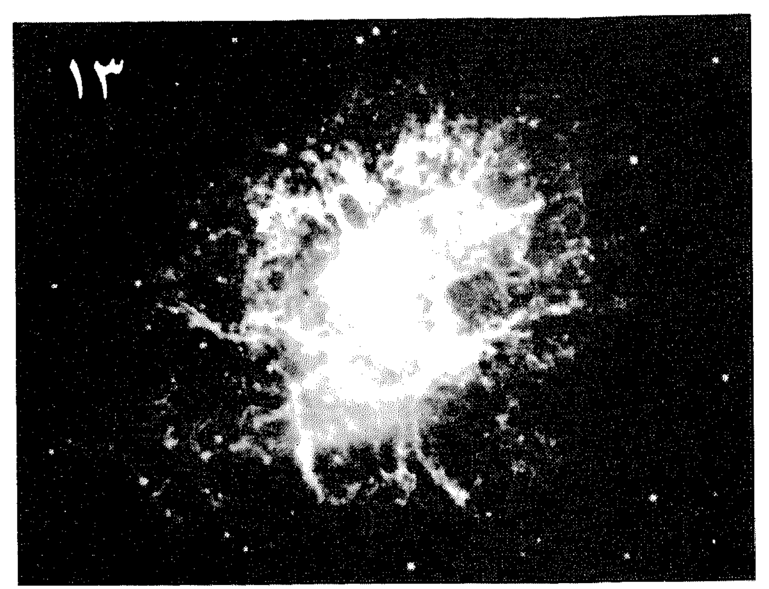

مجرتنا في الفضاء، تبين الصورة كيف سنبدو للراصدين في المجرات البعيدة. ودرب التبانة في المنتصف لأعلى في أقصى اليمين. والمجرتان الباهتتان القريبتان منا هما سحابتا ماجلان الكبيرة والصغيرة، وهما مجرتـان تابعتـان لمجرتنـا. وفي الأسفل منـا توجـد مجرتان كبيرتـان، هما المرأة المسلسلة، و (م) ٣٣. وهذه المجموعة من المجرات تشكل «المجمـوعة المحلية» وهذه بدورها تشكل جزءا من المجموعة العليا المحلية التي تتمركز على مجموعة فيرجو (أقصى اليسار).



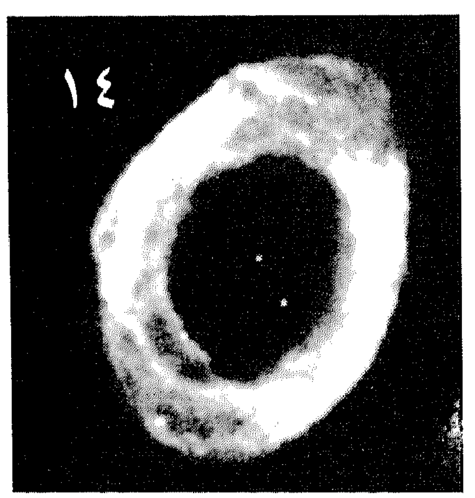

مجرات متـوحشـة. الجاذبية تشـد النجوم من المجـرة الصغيرة إلى داخل جــارتها الكبيرة.



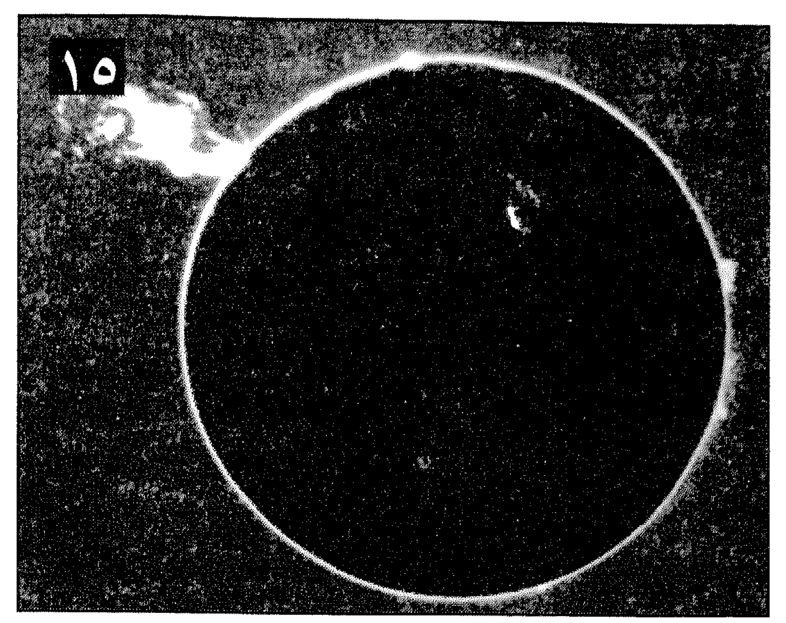

سوبرنوفا في السحابة الماجلانية الكبيرة. أصبحت السحابة الماجلانية الكبيرة مشهورة في عام ١٩٨٧ بوصفها موطن أول سوبرنوفا تشاهد بالعين المجردة منذ أربعة قرون. وتبين هاتان الصورتان السوبرنوفا والنجوم المحيطة وقد التقطت صورها الضوئية بوساطة تليسكوب شميدت في ٢٦ فبراير ١٩٨٧ (الصليب هو تأثير ضوئي من التليسكوب). والنجوم المحيطة يمكن تمييزها في الصورة اليسرى التي تبين المشهد قبل انفجار النجم المركزي، والصورة التي إلى اليمين تبين مجال النجوم نفسها بعد انفجار السوبرنوفا.



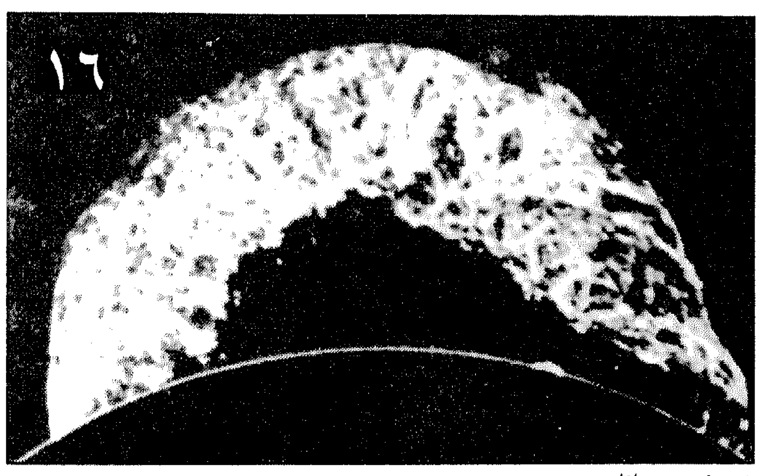

سديم السرطان وهي البقـايا التي قذف بها سوبـرنوفا عام ١٠٥٤ بعـد الميلاد. وهي تتحرك بعيدا عن المركـز بسرعة ١٠٠٠ ميل في الثـانية، وهي سرعة كبيرة حتـى ليتغير شكل السديم أثناء حيـاة الإنسان. وقـد تم اكتشاف نجم نـابض، أي نجم نيوتـرون في المركز من سـديم السرطان.




السـديم الحلقـي في ليرا (م٥٧). وهو قشرة مـن الغاز ألقى بها انفجار نجم يموت، منـذ ٥٥٠٠ سنـة. والحلقـة تتسع بسرعة ١٢ ميلا في الثانية وقـد نتجت عن النجم الـذي في المركـز وهو فيما يحتمل قـزم أبيض.




شعلة توهج شمسي ضخمة صورت ضوئيا عام ١٩٧٤ بوساطة روبرت فيشر بمرصد هلكالا فوق مواي بهاواي .




نتوء شمسي هائل .

# اقتراحات لمزيد من القراءة

أوردت هنا قائمـة ببعض المراجع (التزمت فيها بذكـر الكتب الصادرة بعد ١٩٨٢ ، فيما عدا حالات كلاسيكية معدودة) إضافة إلى بعض المقالات ، التي قد تسـاعد القـارىء على المزيد من التعمق في بعض الموضـوعات تنـاولها هذا الكتاب . والقائمة ليست كاملة ولا نهائيـة بحال ، فهي ببساطة تحوي مقالات وجدتها مفيدة لمرحلـة أو أخرى . وهي تحوي في حالات عديـدة مراجع لأعمال سابقة يمكن أن يكون فيها ما يعين القارىء على التعمق في بحث الموضوعات الأساسية . ومجالات البحث غالبا ماتكـون بحكم طبيعتها موضع جدل ، وقد اخترت هنا منظوري الشخصي . إن العـديد من القضايا مـازال مثارا للجدل ، وهذه المقالات تساعد على إضفاء نكهة من بعض أوجه الخلاف .


R. Harrington and T. van Fladern, *Icarus,* vol. 39 (1979), p. 131.

R. Grieve and P. Robertson, 'Earth craters', *Icarus,* vol. 38 (1979), p. 212.

W. Napier and V. Clube, 'A theory of terrestrial catastrophism', *Nature,* vol. 282 (1979), p. 455.

R. Kerr, 'Impact looks real, the catastrophe smaller', *Science,* November 1981, p. 896.

D Hughes, 'The first meteorite stream', *Nature,* September 1982, p. 14.

R. Ganapathy, 'A major meteorite impact on Earth 34 million years ago: Implications for Eocene extinctions,' *Science,* May 1982, p. 885.

'Close encounters in Space', *Sky and Telescope,* June 1982, p. 570.

D. J. Michels 'Observation of a Comet on collision course with the Sun', *Science,* vol. 215 (1982), p. 1097.

R. Ganapathy, 'Tungusku: Discovery of meteorite debris…', *Science,* June 1983, p. 1158,

R. Grieve, 'Impact craters shape planet surfaces', *New Scientist,* November 1983, p. 517.
'Geological rhythms and cometary impacts', *Science,* December 1984, p. 1427.
D. Hughes, 'Meteorites from Mars', Nature, October 1984, p. 411.
R. Knacke, 'Cosmic dust and the Comet connection', *Sky and Telescope,* September 1984, p. 206.
I. Halliday et al., 'Frequency of meteorite falls on Earth', *Science,* March 1984, p. 1405.
D. Steel and W. Baggaley, 'Collisions in the solar system – Impacts of the Apollo asteroids upon the terrestrialo planets', *Monthly Notes of the Royal Astronomical Society,* vol. 202 (1985), p. 817.
E. Marshal, 'Space junk grown with weapons tests', *Science,* October 1985, p. 424.
'Voyager 2 at Uranus', *Sky and Telescope,* November 1985, p. 42.
M. Waldorp, 'Voyage to a blue planet', *Science,* February 1986, p. 916.
A. P. Boss, 'The origin of the Moon', *Science,* January 1986, p. 341.
'Io spirals towards Jupiter', *New Scientist,* January 1986, p. 33.
'Giotto finds a big black snowball at Halley', *Science,* March 1986, p 1502.
'Are cometary nuclei primordial rubble piles?' *Nature,* March 1986, p. 243

## Extinctions

L. Spencer, *Mineralogy Magazine,* vol. 295 (1939), p. 425.
J. Laurence Kulp, 'The geological time scale', *Science,* vol. 133 (1961), p. 1105.
S. Durrani, *Physics of the Earth and Planets,* vol. 4 (1971),p. 251.
N. Snelling, 'Measurement of the geological time scale,' Talk at British Association of Science, 1987; editor of *Chronology of the Geological Record,* Geological Society of London, Memoir No. 10 (published by Blackwell, Oxford, 1985).
H. Urey, *Nature,* vol. 242 March (1973), p. 32.
A. W. Alvarez *et al.* 'Extraterrestrial cause for the Cretaceous - Tertiary extinction', *Science,* June 1980, p. 1095.
R. Ganapathy 'A major meteorite impact on Earth 65 milion years ago: Evidence from th Cretaceous - Tertiary boundary clay', *Science,* August 1980, p. 921.
R. Ganapathy, 'A major meteorite impact on Earth 34 million years ago· Implications for Eocene extinctions', *Science,* May 1982, p.

885; for an opposing opinion see G. Keller *et al* , *Science,* vol. 221 (1983), p. 150.
P.J. Smith, 'The origin of tektites - settled at last?' *Nature,* November 1982, p. 217.
'Extinctions and ice ages- are comets to blame?' *New Scientist,* June 1982, p. 703.
C. Officer and C. Drake, 'The Cretaceous Tertiary transitional', *Science,* March 1983, p. 1383.
'Extinctions by catastrophe?' Five articles in *Nature,* Aprill 1984, pp. 709-20, and commentary p 685.
'Periodic impacts and extinctions', *Science,* March 1984, p. 1277 (Report of a workshop on comet impacts and their effect on evolution).
'Mass extinctions in the ocean', *Scientific American,* June 1984, p. 46.
'Geological rhythms and cometary impacts', *Science,* December 1984, p. 1427.
'Ammonoids and extinctions', *Nature,* January 1985, p. 12 and pp. 17-22.
The dinosaur controversy: *Nature,* June 1985, pp 627 and 659; *Science,* March 1985, p. 1161; *New Scientist,* November 1984, pp. 9 and 30
'Extinctions ARE periodic', *New Scientist,* March 1986, p. 27.
R.E. Solan *et al.,* 'Gradual dinosaur extinction', *Science,* May 1986, p. 629.
C. B. Officer *et al.,* 'Cretaceous and paroxysmal Cretaceous-Tertiary extinctions', *Nature,* vol. 326 (1987), p. 143.

## The Sun

J. Eddy, 'The Maunder Minimum', *Science,* vol. 192 (1976), p. 1189.
F. Close, 'Is the Sun still shining?', *Nature,* vol. 284 (1980).
J. Gribbin, *The Strangest Star,* Fontana, 1980.
'100 to 200 year solar periodicities', *Nature,* September 1982, p. 14.
S. Sofia *et al.,* 'Solar radius change between 1925 and 1979', *Nature,* August 1983, p. 520.
J. Parkinson, 'New measurement of the solar diameter', *Nature,* August 1983, p. 518.
'Chasing the missing solar neutrinos', *New Scientist,* January 1984, p. 20.
R.A. Kerr, 'The Sun is fading', *Science,* January 1986, p. 339.
Hans Bethe on solar neutrinos, *Nature,* April 1986, p. 677.
G. Williams, 'The solar cycle in Precambrian time', *Scientific American,* 1986, p. 80.

R. Bracewell, 'Simulating the sunspot cycle', *Nature,* vol. 323, (1986), p. 516.
F. Paresce and S. Bowyer, 'The Sun and the interestellar medium, *Scientific American,* September 1986, p. 89.
'600 million years of solar cycles', *New Scientist,* October 1986, p. 29.
W. Haxton, 'The solar neutrino problem', *Comments on Nuclear and Particle Physics,* vol. XVI (1986), p. 95.
J. Bahcall, G. Field and W. Press, 'Is solar neutrino capture rate correlated with sunspot number?', Princeston University report, 1987.

## The Galaxy

F. Hoyle and R. Lyttleton, 'The effect of interstellar matter on climate variation', *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society,* vol. 35 (1939), p. 405.
W. H. McCrea, 'Ice-ages and the galaxy', *Nature,* vol. 255 (1975), p. 607.
L. Blitz *et al.,* 'The new Milky Way', *Science,* June 1983, p. 1233.
'The Earth's orbit and ice-ages', *Scientific American,* February 1984, p. 42.
'A black hole at the galatic centre', *Nature,* vol. 315 (1985), p. 93.
'The galactic centre: Is it a massive black hole?' *Nature,* September 1986, p. 1394.

## Stars and Supernovae

E. Norman, 'Neutrino astronomy: a new window on th universe', *Sky and Telescope,* August 1985, p. 101.
D. Patterson, 'A supernova trigger for the solar system', *New Scientist,* May 1978, p. 361.
A. Burrows and T. Mazurek, 'Signatures of stellar collapse in electron-type neutrinos', *Nature,* January 1983, p. 315.
M.'Dead Stars', *Nature,* March 1984, p. 142.
S. Chandrasekhar, 'Stars: their evolution and stability' (Nobel Lecture), *Science,* November 1984, p. 497.
'Supernova sets limit on Neutrino mass', *New Scientist,* March 1987, p. 24.

## The Nature of Matter

F. Close, *The Cosmic Onion,* Heinemann Educational, 1983 (American Institute of Physics, 1987).
F. Close, M. Marten and C. Sutton, *The Particle Explosion,* Oxford

University Press, 1987.
C. Sutton, *Building the Universe*, Blackwell, 1985.
M. Turner and F. Wilczek, *Nature,* vol. 298 (1982), p. 633.
M. Rees and P. Hut, *Nature,* vol. 302 (1983), p. 508.
E. Farhi and A. Guth, *Physics Letters,* vol. 183B (1987), p. 149.
E. Witten, 'Strange matter', *Physical Review,* vol. D30 (1984), p. 272.
M. Green, 'Superstrings', *Scientific American,* September 1986, p. 44.

## Dark Matter and the Missing Mass

'Dark matter in spiral galaxies', *Scientific American,* June 1983, p. 88.
V. Rubin, 'The rotation of spiral galaxies', Science, June 1983, p. 1339.
L. Blitz et al., 'The new Milky Way', *Science,* June 1983, p. 1233.
J. Silk, 'The black cloud', *Nature* September 1983, p. 388.
'New light on dark matter', *Science,* June 1984, p. 971 (Report on a workshop at Fermi Laboratory, Chicago).
P. Hut and S. White, 'Can a neutrino dominated universe be rejected?' *Nature,* August 1984, p.637.
'Candidates for cold dark matter', *Nature,* October 1984, p. 517.
'Tracking down the missing mass', *New Scientist,* January 1986, pp. 32, 37-40.
J. Bahcall and S Casertano, *Astrophysical Journal,* vol. 293 (1985), p. 1-7.
'New clues to galaxy formation', *New Scientist,* January 1986, p. 34.
M. Rees, *Monthly Notes of the Royal Astronomical Society,* vol. 218 (1986), p. 25.
M. Waldrop, 'In search of dark matter', *Science,* September 1986, p. 1386; October 1986, p. 152.

## The Future

F.J. Dyson, 'Time without end', *Reviews of Modern Physics,* vol. 51 (1979), p. 447.
G.K. O'Neill, 'The colonisation of space', *Physics Today,* September 1974.
J. Barrow and F. Tipler, 'Eternity is unstable', *Nature,* vol. 276 (1978), p. 453.
'Thermodynmics of a closed universe', *Nature,* March 1984, p. 319

# معجم

**جسيم ألفـا Alpha particle** : نواة هليوم تتألف من «بروتونين» و«نيوترونين» يتماسك أحدها بالآخر في إحكام. وقد يتم بثها في الاضمحلال الإشعاعي لإحدى «النوى» (انشطار).

**ضديـد المادة Antimatter** : لكل نوع من الجسيمات الأساسية يوجـد ضديد للجسيم له كتلته نفسها لكنه يحمل شحنة كهربيـة. وعندما يلتقي أحد الجسيمات بضديده يفني أحـدهما الآخر بالتبادل وتنطلق طاقة.

**كويكب Asteroid** أجرام صخرية تدور حول الشمس. ومعظمها يدور بين المريخ والمشتري، إلا أن العـديد منهـا لـه مسـارات تقطع مسارنـا. وهي بقـايـا من «المذنبات» والحطـام النـاتج عن الاصطدام بين حفنة من الأجسام الصغيرة التي تكثفت بين المريخ والمشتري أثنـاء تكون المنظومة الشمسية. وتعرف أيضا بالكواكب الصغرى أو أشباه الكواكب.

**الـذرة Atom** : منظومة من «إلكترونـات» تدور حول «نواة». وهي أصغـر جزء من العنصر يمكن تحديده على أنه هذا العنصر.

**الشفـق القطبـي Aurora** : عرض لضـوء منتشر يُرى عاليـا في الجو يكون أساسـا في أقصى المناطق القطبية. وهو ينتج عن جسيمات مشحونة وقعت في أسر مجال الأرض المغناطيسي.

**اضمحلال بيتـا Beta decay**. اضـمحلال «نواة» مشعة مع إنتـاج إلكترون (جسيم بيتا). والعملية التي تشكل الأسـاس في ذلك الاضمحلال هي تحول أحـد «النيوتـرونات» إلى «بروتـون» مع بث «إلكترون» و«نيوتـرينو». وهذه العمليـة يتحكم فيها «التفاعل الضعيف» وهي أول مظهـر عرف لهذا التفاعل.

**جسيم بيتـا Beta Particle** : «إلكترون» يبثه الاضمحلال الإشعاعـي لإحدى «النوى» (اضمحلال بيتا).

**الانفجار الكبير Big bang** : المجرات تتراجع إحداها عن الأخرى: فالكون يتمدد. ونظرية الانفجار الكبير تفترض أن هذا التمـدد بدأ منـذ ١٠ ـ ٢٠ بليون سنـة عندما كـان الكون في حـالة تكثف هائلة

**الثقب الأسـود Black hole** : منطقة حيث الجاذبية قويـة جدا حتى أن الضوء لا يستطيع الإفلات ويُفترض أنـه يتشكـل عنـدمـا تتقلص بعض النجـوم. والتـأثير الجذبي للنجم المتقلص يمكن الإحساس به ولكن ما من معلومات تفلت من داخل الثقب الأسود.

**المذنبـات Comets** : أعضاء في المظومة الشمسية تتحرك حـول الشمس في مدارات مطولة. ويعتقد العديد من علماء الفيزياء الفلكية أنها أقرب في الشبه إلى كرات ثلج قذرة يصل حجمها إلى الميل. وهي جد رقيقة بحيث إن «الرياح الشمسية» تذرو منها مادتها وينتج عنها أذيال طويلة من الغاز والغبار، وذلك هو مظهرها المألوف في السماء.

**الأشعة الكونية Cosmic rays**. جسيمات ونوى ذات سرعة عالية تأتي من الفضاء الخارجي.

**ديوترون Deutron**: نواة تتألف من «بروتون» واحد و«نيوترون» واحد. وأحيانا تسمى بالهيدروجين الثقيل ويتم إنتاجها في مرحلة متوسطة من «الاندماج» الذي يحدث في النجوم.

**القوة الكهرومغناطيسية Electromagnetic Force**: إحدى القوى الرئيسية في الطبيعة. فالتجاذب مابين الجسيمات ذات الشحنات المضادة يجعل «الإلكترونات» ذات الشحنة السالبة تدور أسيرة حول «النواة» ذات الشحنة الموجبة داخل «الذرات»

**الإشعاع الكهرومغناطيسي Electromagnetic radiation**: طاقة تبثها الأجسام ذات الشحنة الكهربية. والأمثلة المألوفة لذلك تشمل الضوء، وأمواج الراديو (اللاسلكي)، والميكروويف، وأشعة إكس، و«أشعة جاما»

**الإلكترون Electron**: جسيم أولي ذو شحنة سالبة وأحد مكونات «الذرة». وهو مايحمل الكهرباء خلال الأسلاك.

**إلكترون فولت (ا ف) Electronvolt (év)**: وحدة طاقة. و (ا ف) واحد هو الطاقة المكتسبة عندما يتم تعجيل «إلكترون» واحد بجهد من فولت واحد.

**انشطار Fission**: تحطيم «نواة» كبيرة إلى نوى أصغر.

**اندماج Fusion**: اتحاد نوى صغيرة مكونة نوى أكبر.

**شعاع جاما Gamma ray**: فوتون، «إشعاع كهرومغناطيسي» ذو طاقة عالية جدا.

**أيون Ion**: «ذرة» تحمل شحنة كهربائية بسبب تجريدها من «إلكتروناتها» (أيون موجب) أو بسبب إضافة إلكترونات إضافية (أيون سالب).

**شهاب Meteor**: خط الضوء الذي يُرى في سماء الليل الصافية عندما يحدث أن يحترق في الطبقات العليا لجو الأرض جسيم صغير من الغبار أو الحجارة التي مابين النجوم

**نيزك Meteorite**: «شهاب» يحط على الأرض، بقايا «شهابيات» يعثر عليها على الأرض

**شهابيات Meteoroid**: مصطلح جمعي يطلق على المادة الشهابية في المنظومة الشمسية.

**جزيء Molecule** مجموعة من الذرات.

**سديم Nebula**: غاز أو مجموعة من النجوم تظهر كضباب ساطع في سماء الليل الصافية.

**نيوترينو Neutrino**: جسيم أولي متعادل كهربائيا، له كتلة قليلة أو بلا كتلة وهو أكثر الجسيمات غزارة في الكون ولا يشارك إلا في «التفاعلات الضعيفة»، ويتم إنتاجه في عمليات النشاط الإشعاعي وكمنتج ثانوي من «الاندماج» الذي يحدث في النجوم ومن «السوبرنوفا» (أو النجم المتفجر فائق التوهج).

**نيوترون Neutron**: زميل «البروتون» في النوى الذرية، وهو بلا شحنة كهربائية.

**نواة Nucleus**: المركز الكثيف «للذرة» ويتكون من «نيوترونات» و«بروتونات». والأخيرة تعطي النواة شحنة كهربائية موجبة تنجذب إليها «الإلكترونات» فتتكون الذرة.

**فوتون Photon**: حزمة من «الإشعاع الكهرومغناطيسي»، وحامل القوة الكهرومغناطيسية.

**بلازما Plasma**: غاز من «أيونات» و«إلكترونات» تتحرك تحركا حرا. والبلازما هي في الواقع غاز متأين.

بوزيترون **Positron** : ضديد «الإلكترون». وهو يحمل شحنة كهربـائية موجبة ويظل مستقراً حتى يلاقي أحد الإلكترونات، وعندها يفني الاثنان أحدهما الآخر إلى «إشعاع كهرومغناطيسي».

بـروتـون **Proton** : أحد الجسيمات المكـونة «للنـواة» ويحمل شحنة مـوجبة ويعطي النـواة شحنتها الكهربائية وهو يتكون من ثلاثة «كواركات».

نجـم أولي **Protostar**. مرحلة مبكرة في تكوين النجوم. ويتم انفصـاله كشظية من سحابة غاز ثم يأخذ في التقلص ولكن التفاعلات النووية لم تبدأ فيه بعد

الكـــــوارك **Quark** : يُعتقد أنـه أحد المكـونات الأسـاسية للمادة. وتجمعـات الكواركـات تشكل «النـيوترونات» و«البروتونات» في النواة الذرية.

كوازار (أشباه النجوم) **Quasar** : اختصار لاسم **Quasi - Stellar object** : أي جرم يشبه النجوم. وهو جـرم مدموج يـوجد خارج المجرات ويبـدو كنقطة ضوء إلا أنـه يبث طاقة أكثـر من مئات المجرات المجتمعة. وهو من بين أكثر الأجرام بعدا فيما رصدناه من الكون

نشاط إشعاعي **Radioactivity**. اضمحلال تلقائي وتحول «للنـوى» مع بث لجسيمات تشمل أشعة ألفا أو بيتا أو جاما

نجم بذيل **Shooting star**. كلمة أخرى للدلالة على الشهاب.

توهجات شمسية : **Solar Flare** : سطوع مفاجيء في سطح الشمس المرئي يبقى زمنا قصيرا وينحم عن انطلاق متفجر للطاقة في شكل جسيمات وإشعاع.

رياح شمسيـة **Solar Wind** : تدفق من جسيمات مشحونة كهـربائيا، هي في الأساس «إلكترونات» و«بروتونات»، تسري من الشمس إلى داحل المنظومة الشمسية.

المادة الغريبة **Strange matter** : شكل مفترض من المادة تحتوي «نوى» ذراته على نسبة جوهرية من «الجسيمات الغريبة» بالإضافة إلى «الكواركات» التي تكوّن «النيوترونات» و«البروتونات» في النوى الطبيعية.

الجسيمات الغريبـة **Strange Particles** : تشكيلة متنوعـة من الجسيمات ليست مستقرة في الظروف الطبيعية على الأرض، ولكنهـا قد تصل إلى الاستقـرار وهي في داخل «المادة الغريبـة». وقد تمت رؤيتها في «الأشعة الكونية» وإن كانت تزول سريعا، كما يتم إنتاجها في معجلات الجسيمات.

البقع الشمسية **Sun spots** : مناطق مظلمة نسبيا على سطح الشمس، ويختلف عددها حسب دورة طولها ١١ سنة على وجه التقريب (دورة بقع الشمس).

سوبرنـوفا **Supernova** ظهور مفاجيء أو سطوع مفـاجيء لأحد النجوم ينتج عن انفجار يعصف بمعظم مادة النجم الخارجية ويصحب ذلك تقلـص مابقي منه إلى كرة كثيفة من «النيـوترونات» (نجم نيوتروني) أو إلى «ثقب أسود».

(قوة) التفاعل الضعيف **Weak interaction (Force)** : إحدى القوى الأساسية في الطبيعة. وأشهر مظهر لها هو «اضمحـلال بيتا»، كما تشارك أيضا في بعض الاضمحلالات الإشعـاعية «للنوى» وفي تفاعلات «النيوترينو».

الويمبـات **WIMPS** : الحروف الأولى لـ Weakly Interacting Massive Particles أي الجسيمات الثقيلة ذات التفاعل الضعيـف، وهي جسيمات مفترضة أكثر ثقلا من «البروتـونات» وتشارك في «التفاعل الضعيف» وربما تكون قـد تكونت سريعا بعد «الانفجار الكبير»، ومـازالت توحد في مـركز النجـوم مثل الشمس وإذا كان ذلك صحيحـا فإنها قـد تؤثـر في دورة الوقـود الداخليـة بالشمس.

## المؤلف في سطور

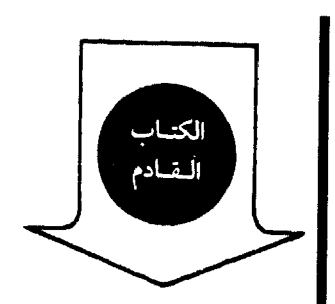
**البروفسير فرانك كلوز**

* واحد من أبرز العلماء الشبان العاملين في حقل الفيزياء النظرية في بريطانيا، ومرجع عالمي في فيزياء الجسيمات. وهو أيضا من المهتمين بتبسيط العلم، ويكتب بانتظام في «الجارديان» ومجلة«Nature» و«New Scientist»، ويشارك أيضا في إعداد البرامج العلمية في هيئة الإذاعة البريطانية.
* ومن مؤلفاته «بصلة الكون»، وهو مرشد للقارىء العام في فيزياء الجسيمات، و«انفجار الجسيم» (مع مايكل مارتن وكرستين ساتون)، وهو تأريخ مصور للفيزياء الذرية للقرن العشرين، كما كتب العديد من البحوث، وكتابا يعد مرجعا تخصصيا.
* وقد درس في جامعات سانت أندروز وأكسفورد، وحصل على منحة علمية بجامعة ستانفورد، والمركز الأوروبي للأبحاث النووية في جنيف، وشغل مناصب عليا في معمل روذرفورد أبلتون وكلية الملكة ماري في جامعة لندن، وهو حاليا أستاذ للفيزياء في جامعة تنيسي.

## المترجم في سطور

**د. مصطفى إبراهيم فهمي.**

* بكالوريوس الطب والجراحة - جامعة القاهرة، ١٩٥٤.
* دكتوراه في الكيمياء الإكلينيكية، جامعة لندن، ١٩٦٩.
* عمل أستاذا للكيمياء الإكلينيكية بالأكاديمية الطبية العسكرية، ١٩٨٠، ورئيسا لقسم الباثولوجيا الإكلينيكية، ١٩٨٣، ورئيسا للمجلس الموحد للأمراض الباطنية ١٩٨٥.




**جذور الاستبداد**

تأليف:

د. عبدالغفار مكاوي

* نشر ما يزيد على ثلاثين بحثا في الكيمياء الإكلينيكية بالدوريات الإنجليزية والعربية.

* ترجم كتابي «التنبؤ الوراثي» و«علم الأحياء والأيديولوجيا والطبيعة البشرية»، نشرا في سلسلة عالم المعرفة، ١٩٨٨، ١٩٩٠ على الترتيب.

## المراجع في سطور

### عبدالسلام رضوان

* ليسانس آداب جامعة عين شمس، قسم الفلسفة ١٩٦٩.

* يعمل حاليا في الأمانة العامة للمجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب.

* ترجم عدة كتب منها:

«الإخوان المسلمون» ريتشارد ميتشيل ١٩٧٦، ١٩٨٤ ـ «مسرح الشارع في أمريكا» هنري ليسنك ١٩٧٩ ـ «الوفد وخصومه» ماريوس ديب، ١٩٨٥ ـ «المتلاعبون بالعقول» هربرت شيللر، عالم المعرفة ١٩٨٦ ـ «حاجات الإنسان الأساسية في الوطن العربي» «برنامج الأمم المتحدة للبيئة» عالم المعرفة ١٩٩٠ ـ «الإنسان ومراحل حياته» ١٩٨٩.

# صدر عن هذه السلسلة

| | | |
|---|---|---|
| ١- الحضارة | تأليف : د/ حسين مؤنس | يناير ١٩٧٨ |
| ٢- اتجاهات الشعر العربي المعاصر | تأليف : د/ إحسان عباس | فبراير ١٩٧٨ |
| ٣- التفكير العلمي | تأليف : د/ فؤاد زكريا | مارس ١٩٧٨ |
| ٤- الولايات المتحدة والمشرق العربي | تأليف : / أحمد عبدالرحيم مصطفى | أبريل ١٩٧٨ |
| ٥- العلم ومشكلات الإنسان المعاصر | تأليف : د/ زهير الكرمي | مايو ١٩٧٨ |
| ٦- الشباب العربي والمشكلات التي يواجهها | تأليف : د/ عزت حجازي | يونيو ١٩٧٨ |
| ٧- الأحلاف والتكتلات في السياسة العالمية | تأليف : / محمد عزيز شكري | يوليو ١٩٧٨ |
| ٨- تراث الإسلام (الجزء الأول) | ترجمة · د/ زهير السمهوري<br>تحقيق وتعليق · د/ شاكر مصطفى<br>مراجعة : د/ فؤاد زكريا | أغسطس ١٩٧٨ |
| ٩- أضواء على الدراسات اللغوية المعاصرة | تأليف : د/ نايف خرما | سبتمبر ١٩٧٨ |
| ١٠- جحا العربي | تأليف · د/ محمد رجب النجار | أكتوبر ١٩٧٨ |
| ١١- تراث الإسلام (الجزء الثاني) | ترجمة · د/ حسين مؤنس<br>د/ إحسان العمد<br>مراجعة : د/ فؤاد زكريا | نوفمبر ١٩٧٨ |
| ١٢- تراث الإسلام (الجزء الثالث) | ترجمة · د. حسين مؤنس<br>د/ إحسان العمد<br>مراجعة · د/ فؤاد زكريا | ديسمبر ١٩٧٨ |
| ١٣- الملاحة وعلوم البحار عند العرب | تأليف : د/ أنور عبدالعليم | يناير ١٩٧٩ |
| ١٤- جمالية الفن العربي | تأليف . د/ عفيف بهنسي | فبراير ١٩٧٩ |
| ١٥- الإنسان الحائر بين العلم والخرافة | تأليف . د/ عبدالمحسن صالح | مارس ١٩٧٩ |
| ١٦- النفط والمشكلات المعاصرة للتنمية العربية | تأليف د/ محمود عبدالفضيل | أبريل ١٩٧٩ |
| ١٧- الكون والثقوب السوداء | إعداد : رؤوف وصفي<br>مراجعة : زهير الكرمي | مايو ١٩٧٩ |
| ١٨- الكوميديا والتراجيديا | ترجمة · د/ علي أحمد محمود<br>مراجعة . د/ شوقي السكري<br>د/ علي الراعي | يونيو ١٩٧٩ |
| ١٩- المخرج في المسرح المعاصر | تأليف . / سعد أردش | يوليو ١٩٧٩ |

| العنوان | المؤلف / المترجم | التاريخ |
|---|---|---|
| ٢٠ـ التفكير المستقيم والتفكير الأعوج | ترجمة حسن سعيد الكرمي<br>مراجعة : صدقي حطاب | أغسطس ١٩٧٩ |
| ٢١ـ مشكلة إنتاج الغذاء في الوطن العربي | تأليف : د/ محمد على الفرا | سبتمبر ١٩٧٩ |
| ٢٢ـ البيئة ومشكلاتها | تأليف : رشيد الحمد<br>د/ محمد سعيد صباريني | أكتوبر ١٩٧٩ |
| ٢٣ـ الرق | تأليف د/ عبدالسلام الترمانيني | نوفمبر ١٩٧٩ |
| ٢٤ـ الإبداع في الفن والعلم | تأليف : د/ حسن أحمد عيسى | ديسمبر ١٩٧٩ |
| ٢٥ـ المسرح في الوطن العربي | تأليف : د/ علي الراعي | يناير ١٩٨٠ |
| ٢٦ـ مصر وفلسطين | تأليف : د/ عواطف عبدالرحمن | فبراير ١٩٨٠ |
| ٢٧ـ العلاج النفسي الحديث | تأليف : د/ عبدالستار ابراهيم | مارس ١٩٨٠ |
| ٢٨ـ أفريقيا في عصر التحول الاجتماعي | ترجمة : شوقي جلال | أبريل ١٩٨٠ |
| ٢٩ـ العرب والتحدي | تأليف : د/ محمد عماره | مايو ١٩٨٠ |
| ٣٠ـ العدالة والحرية في فجر النهضة العربية الحديثة | تأليف : د/ عزت قرني | يونيو ١٩٨٠ |
| ٣١ـ الموشحات الأندلسية | تأليف : د/ محمد زكريا عناني | يوليو ١٩٨٠ |
| ٣٢ـ تكنولوجيا السلوك الإنساني | ترجمة . د/ عبدالقادر يوسف<br>مراجعة : د/ رجا الدريني | أغسطس ١٩٨٠ |
| ٣٣ـ الإنسان والثروات المعدنية | تأليف : د/ محمد فتحي عوض الله | سبتمبر ١٩٨٠ |
| ٣٤ـ قضايا أفريقية | تأليف : د/ محمد عبدالغني سعودي | أكتوبر ١٩٨٠ |
| ٣٥ـ تحولات الفكر والسياسة في الشرق العربي (١٩٣٠ـ ١٩٧٠) | تأليف : د/ محمد جابر الأنصاري | نوفمبر ١٩٨٠ |
| ٣٦ـ الحب في التراث العربي | تأليف : د/ محمد حسن عبدالله | ديسمبر ١٩٨٠ |
| ٣٧ـ المساجد | تأليف : د/ حسين مؤنس | يناير ١٩٨١ |
| ٣٨ـ تكنولوجيا الطاقة البديلة | تأليف : د/ سعود يوسف عياش | فبراير ١٩٨١ |
| ٣٩ـ ارتقاء الإنسان | ترجمة : د/ موفق شخاشيرو<br>مراجعة : زهير الكرمي | مارس ١٩٨١ |
| ٤٠ـ الرواية الروسية في القرن التاسع عشر | تأليف : د/ مكارم الغمري | أبريل ١٩٨١ |
| ٤١ـ الشعر في السودان | تأليف : د/ عبده بدوي | مايو ١٩٨١ |
| ٤٢ـ دور المشروعات العامة في التنمية الاقتصادية | تأليف . د/ علي خليفة الكواري | يونيو ١٩٨١ |
| ٤٣ـ الإسلام في الصين | تأليف: فهمي هويدي | يوليو ١٩٨١ |
| ٤٤ـ اتجاهات نظرية في علم الاجتماع | تأليف : د/ عبدالباسط عبدالمعطي | أغسطس ١٩٨١ |

| العنوان | المؤلف / المترجم | التاريخ |
| --- | --- | --- |
| ٤٥ـ حكايات الشطار والعيارين في التراث العربي | تأليف . د/ محمد رجب النجار | سبتمبر ١٩٨١ |
| ٤٦ـ دعوة إلى الموسيقا | تأليف : د/ يوسف السيسي | أكتوبر ١٩٨١ |
| ٤٧ـ فكرة القانون | ترجمة : سليم الصويص<br>مراجعة : سليم بسيسو | نوفمبر ١٩٨١ |
| ٤٨ـ التنبؤ العلمي ومستقبل الإنسان | تأليف : د/ عبدالمحسن صالح | ديسمبر ١٩٨١ |
| ٤٩ـ صراع القوى العظمى حول القرن الأفريقي | تأليف : صلاح الدين حافظ | يناير ١٩٨٢ |
| ٥٠ـ التكنولوجيا الحديثة والتنمية الزراعية | تأليف : د/ محمد عبدالسلام | فبراير ١٩٨٢ |
| ٥١ـ السينما في الوطن العربي | تأليف : جان ألكسان | مارس ١٩٨٢ |
| ٥٢ـ النفط والعلاقات الدولية | تأليف : د/ محمد الرميحي | أبريل ١٩٨٢ |
| ٥٣ـ البدائية | ترجمة : د/ محمد عصفور | مايو ١٩٨٢ |
| ٥٤ـ الحشرات الناقلة للأمراض | تأليف : د/ حليل أبو الحب | يونيو ١٩٨٢ |
| ٥٥ـ العالم بعد مائتي عام | ترجمة : شوقي جلال | يوليو ١٩٨٢ |
| ٥٦ـ الإدمان | تأليف : د/ عادل الدمرداش | أغسطس ١٩٨٢ |
| ٥٧ـ البيروقراطية النفطية ومعضلة التنمية | تأليف : د/ أسامة عبدالرحمن | سبتمبر ١٩٨٢ |
| ٥٨ـ الوجودية | ترجمة : د/ إمام عبدالفتاح | أكتوبر ١٩٨٢ |
| ٥٩ـ العرب أمام تحديات التكنولوجيا | تأليف : د/ انطونيوس كرم | نوفمبر ١٩٨٢ |
| ٦٠ـ الأيديولوجية الصهيونية (الجزء الأول ) | تأليف : د/ عبدالوهاب المسيري | ديسمبر ١٩٨٢ |
| ٦١ـ الأيديولوجية الصهيونية (الجزء الثاني ) | تأليف : د/ عبدالوهاب المسيري | يناير ١٩٨٣ |
| ٦٢ـ حكمة الغرب | ترجمة : د/ فؤاد زكريا | فبراير ١٩٨٣ |
| ٦٣ـ الإسلام والاقتصاد | تأليف : د/ عبدالهادي علي النجار | مارس ١٩٨٣ |
| ٦٤ـ صناعة الجوع (خرافة الندرة ) | ترجمة : أحمد حسان عبدالواحد | إبريل ١٩٨٣ |
| ٦٥ـ مدخل إلى تاريخ الموسيقا المغربية | تأليف : عبدالعزيز بن عبد الجليل | مايو ١٩٨٣ |
| ٦٦ـ الإسلام والشعر | تأليف . د/ سامي مكي العاني | يونيو ١٩٨٣ |
| ٦٧ـ بنو الإنسان | ترجمة : زهير الكرمي | يوليو ١٩٨٣ |
| ٦٨ـ الثقافة الألبانية في الأبجدية العربية | تأليف : د/ محمد موفاكو | أغسطس ١٩٨٣ |
| ٦٩ـ ظاهرة العلم الحديث | تأليف : د/ عبدالله العمر | سبتمبر ١٩٨٣ |
| ٧٠ـ نظريات التعلم (دراسة مقارنة )<br>القسم الأول | ترجمة : د/ علي حسين حجاج<br>مراجعة : د/ عطيه محمود هنا | أكتوبر ١٩٨٣ |
| ٧١ـ الاستيطان الأجنبي في الوطن العربي | تأليف : د/ عبدالمالك خلف التميمي | نوفمبر ١٩٨٣ |
| ٧٢ـ حكمة الغرب (الجزء الثاني) | ترجمة د/ فؤاد زكريا | ديسمبر ١٩٨٣ |

| العنوان | المؤلف / المترجم | التاريخ |
| --- | --- | --- |
| ٧٣ـ التحطيط للتقدم الاقتصادي والاجتماعي | تأليف : د/ مجيد مسعود | ينـايـر ١٩٨٤ |
| ٧٤ـ مشاريع الاستيطان اليهودي | تأليف : أمين عبدالله محمود | فبرايـر ١٩٨٤ |
| ٧٥ـ التصوير والحياة | تأليف . د/ محمد نبهان سويلم | مـارس ١٩٨٤ |
| ٧٦ـ الموت في الفكر الغربي | ترجمة : كامل يوسف حسين<br>مراجعة : د/ إمام عبدالفتاح | أبـريل ١٩٨٤ |
| ٧٧ـ الشعر الإغريقي تراثا إنسانيا وعالميا | تأليف : د/ أحمد عتمان | مـايـو ١٩٨٤ |
| ٧٨ـ قضاياالتبعية الإعلامية والثقافية | تأليف . د/ عواطف عبدالرحمن | يـونيـو ١٩٨٤ |
| ٧٩ـ مفاهيم قرآنية | تأليف . د/ محمد أحمد خلف الله | يـوليـو ١٩٨٤ |
| ٨٠ـ الزواج عند العرب (في الجاهلية والإسلام ) | تأليف . د/ عبدالسلام الترمانيني | أغسطس ١٩٨٤ |
| ٨١ ـ الأدب اليوغسلافي المعاصر | تأليف : د/ جمال الدين سيد محمد | سبتمبر ١٩٨٤ |
| ٨٢ ـ تشكيل العقل الحديث | ترجمة : شوقي جلال<br>مراجعة . صدقي حطاب | أكتـوبـر ١٩٨٤ |
| ٨٣ ـ البيولوجيا ومصير الإنسان | تأليف . د/ سعيد الحفار | نـوفمبر ١٩٨٤ |
| ٨٤ ـ المشكلة السكانية وخرافة المالتوسية | تأليف : د/ رمزي زكي | ديسمبر ١٩٨٤ |
| ٨٥ ـ دول مجلس التعاون الخليجي ومستويات العمل الدولية | تأليف . د/ بدرية العوضي | ينـايـر ١٩٨٥ |
| ٨٦ ـ الإنسان وعلم النفس | تأليف : د/ عبدالستار إبراهيم | فبرايـر ١٩٨٥ |
| ٨٧ ـ في تراثنا العربي الإسلامي | تأليف . د/ توفيق الطويل | مـارس ١٩٨٥ |
| ٨٨ ـ الميكروبات والإنسان | ترجمة : د/ عزت شعلان<br>مراجعة : د/ عبدالرزاق العدواني، د/ سمير رضوان | أبـريل ١٩٨٥ |
| ٨٩ ـ الإسلام وحقوق الإنسان | تأليف : د/ محمد عماره | مـايـو ١٩٨٥ |
| ٩٠ ـ الغرب والعالم (القسم الأول) | تأليف : كافين رايلي<br>ترجمة : د/ عبدالوهاب المسيري، د/ هدى حجازي<br>مراجعة : د/ فؤاد زكريا | يـونيـو ١٩٨٥ |
| ٩١ ـ تربية اليسر وتخلف التنمية | تأليف : د/ عبدالعزيز الجلال | يـوليـو ١٩٨٥ |
| ٩٢ ـ عقول المستقبل | ترجمة . د/ لطفي فطيم | أغسطس ١٩٨٥ |
| ٩٣ ـ لغة الكيمياء عند الكائنات الحية | تأليف . د/ أحمد مدحت إسلام | سبتمبر ١٩٨٥ |
| ٩٤ ـ النظام الإعلامي الجديد | تأليف . د/ مصطفى المصمودي | أكتـوبـر ١٩٨٥ |

٩٥ ـ تغيّر العالم | تأليف : د/ أنور عبدالملك | نوفمبر ١٩٨٥

٩٦ ـ الصهيونية غير اليهودية | تأليف : ريجينا الشريف | ديسمبر ١٩٨٥
ترجمة : أحمد عبدالله عبدالعزيز

٩٧ ـ الغرب والعالم (القسم الثاني) | تأليف : كافين رايلي | يناير ١٩٨٦
ترجمة : د/ عبدالوهاب المسيري، د/ هدى حجازي
مراجعة : د/ فؤاد زكريا

٩٨ ـ قصة الأنثروبولوجيا | تأليف : د/ حسين فهيم | فبراير ١٩٨٦

٩٩ ـ الأطفال مرآة المجتمع | تأليف : د/ محمد عماد الدين إسماعيل | مارس ١٩٨٦

١٠٠ ـ الوراثة والإنسان | تأليف : د/ محمد علي الربيعي | أبريل ١٩٨٦

١٠١ ـ الأدب في البرازيل | تأليف : د/ شاكر مصطفى | مايو ١٩٨٦

١٠٢ ـ الشخصية اليهودية الإسرائيلية والروح العدوانية | تأليف : د/ رشاد الشامي | يونيو ١٩٨٦

١٠٣ ـ التنمية في دول مجلس التعاون | تأليف د/ محمد توفيق صادق | يوليو ١٩٨٦

١٠٤ ـ العالم الثالث وتحديات البقاء | تأليف جاك لوب | أغسطس ١٩٨٦
ترجمة : أحمد فؤاد بلبع

١٠٥ ـ المسرح والتغير الاجتماعي في الخليج العربي | تأليف : د/ إبراهيم عبد الله غلوم | سبتمبر ١٩٨٦

١٠٦ ـ «المتلاعبون بالعقول» | تأليف : هربرت . أ . شيللر | أكتوبر ١٩٨٦
ترجمة : عبدالسلام رضوان

١٠٧ ـ الشركات عابرة القومية | تأليف : د/ محمد السيد سعيد | نوفمبر ١٩٨٦

١٠٨ ـ نظريات التعلم (دراسة مقارنة) (الجزء الثاني) | ترجمة : د/ علي حسين حجاج | ديسمبر ١٩٨٦
مراجعة : د/ عطية محمود هنا

١٠٩ ـ العملية الإبداعية في فن التصوير | تأليف : د/ شاكر عبدالحميد | يناير ١٩٨٧

١١٠ ـ مفاهيم نقدية | ترجمة : د/ محمد عصفور | فبراير ١٩٨٧

١١١ ـ قلق الموت | تأليف : د/ أحمد محمد عبدالخالق | مارس ١٩٨٧

١١٢ ـ العلم والمشتغلون بالبحث العلمي في المجتمع الحديث | تأليف : د/ جون . ب . ديكنسون | أبريل ١٩٨٧
ترجمة : شعبة الترجمة باليونسكو

١١٣ ـ الفكر التربوي العربي الحديث | تأليف : د/ سعيد إسماعيل علي | مايو ١٩٨٧

١١٤ ـ الرياضيات في حياتنا | ترجمة : د/ فاطمة عبدالقادر الما | يونيو ١٩٨٧

| العنوان | المؤلف | التاريخ |
|---|---|---|
| ١١٥ ـ معالم على طريق تحديث الفكر العربي | تأليف : د/ معن زيادة | يوليو ١٩٨٧ |
| ١١٦ ـ أدب أميركا اللاتينية قضايا ومشكلات ( القسم الأول) | تنسيق وتقديم : سيزار فرناندث مورينو<br>ترجمة : أحمد حسان عبدالواحد<br>مراجعة : د/ شاكر مصطفى | أغسطس ١٩٨٧ |
| ١١٧ ـ الأحزاب السياسية في العالم الثالث | تأليف : د/ أسامة الغزالي حرب | سبتمبر ١٩٨٧ |
| ١١٨ ـ التاريخ النقدي للتخلف | تأليف : د/ رمزي زكي | أكتوبر ١٩٨٧ |
| ١١٩ ـ قصيدة وصورة | تأليف : د/ عبدالغفار مكاوي | نوفمبر ١٩٨٧ |
| ١٢٠ ـ سيكولوجية اللعب | تأليف : د/ سوزانا ميلر<br>ترجمة : د/ حسن عيسى<br>مراجعة : د/ محمد عماد الدين إسماعيل | ديسمبر ١٩٨٧ |
| ١٢١ ـ الدواء من فجر التاريخ إلى اليوم | تأليف : د/ رياض رمضان العلمي | يناير ١٩٨٨ |
| ١٢٢ ـ أدب أميركا اللاتينية (القسم الثاني) | تنسيق وتقديم : سيزار فرناندث مورينو<br>ترجمة : أحمد حسان عبدالواحد<br>مراجعة : د/ شاكر مصطفى | فبراير ١٩٨٨ |
| ١٢٣ ـ ثقافة الأطفال | تأليف : د/ هادي نعمان الهيتي | مارس ١٩٨٨ |
| ١٢٤ ـ مرض القلق | تأليف : د/ دافيد ف . شيهان<br>ترجمة : د/ عزت شعلان<br>مراجعة : د/ أحمد عبدالعزيز سلامة | أبريل ١٩٨٨ |
| ١٢٥ ـ طبيعة الحياة | تأليف : فرانسيس كريك<br>ترجمة : د/ أحمد مستجير<br>مراجعة : د/ عبد الحافظ حلمي | مايو ١٩٨٨ |
| ١٢٦ ـ اللغات الأجنبية (تعليمها وتعلمها) | تأليف : د/ نايف خرما، د/ علي حجاج | يونيو ١٩٨٨ |
| ١٢٧ ـ اقتصاديات الإسكان | تأليف : د/ إسماعيل إبراهيم درة | يوليو ١٩٨٨ |
| ١٢٨ ـ المدينة الإسلامية | تأليف : د/ محمد عبدالستار عثمان | أغسطس ١٩٨٨ |
| ١٢٩ ـ الموسيقا الأندلسية المغربية | تأليف : عبدالعزيز بن عبدالجليل | سبتمبر ١٩٨٨ |
| ١٣٠ ـ التنبؤ الوراثي | تأليف : د/ زولت هارسيناي، ريتشارد هتون<br>ترجمة : د/ مصطفى إبراهيم فهمي<br>مراجعة : د/ مختار الظواهري | أكتوبر ١٩٨٨ |

| | | |
|---|---|---|
| ١٣١ ـ مقدمة لتاريخ الفكر العلمي في الاسلام | تأليف : د/ أحمد سليم سعيدان | نوفمبر ١٩٨٨ |
| ١٣٢ ـ أوروبا والتخلف في أفريقيا | تأليف : د/ والتر رودني<br>ترجمة : د/ أحمد القصير<br>مراجعة : د/ إبراهيم عثمان | ديسمبر ١٩٨٨ |
| ١٣٣ ـ العالم المعاصر والصراعات الدولية | تأليف . د/ عبدالخالق عبدالله | يناير ١٩٨٩ |
| ١٣٤ ـ العلم في منظوره الجديد | تأليف : روبرت م . اغروس<br>جورج ن ستانسيو<br>ترجمة . د/ كمال خلايلي | فبراير ١٩٨٩ |
| ١٣٥ ـ العرب واليونسكو | تأليف . د/ حسن نافعة | مارس ١٩٨٩ |
| ١٣٦ ـ اليابانيون | تأليف : إدوين رايشاور<br>ترجمة : ليلى الجبالي<br>مراجعة : شوقي جلال | أبريل ١٩٨٩ |
| ١٣٧ ـ الاتجاهات التعصبية | تأليف . د/ معتز سيد عبدالله | مايو ١٩٨٩ |
| ١٣٨ ـ أدب الرحلات | تأليف : د/ حسين فهيم | يونيو ١٩٨٩ |
| ١٣٩ ـ المسلمون والاستعمار الاوروبي لأفريقيا | تأليف : عبدالله عبدالرزاق ابراهيم | يوليو ١٩٨٩ |
| ١٤٠ ـ الانسان بين الجوهر والمظهر (نتملك أو نكون) | تأليف : إريك فروم<br>ترجمة : سعد زهران<br>مراجعة : د/ لطفي فطيم | أغسطس ١٩٨٩ |
| ١٤١ ـ الأدب اللاتيني (ودوره الحضاري) | تأليف . د/ أحمد عتمان | سبتمبر ١٩٨٩ |
| ١٤٢ ـ مستقبلنا المشترك | إعداد : اللجنة العالمية للبيئة والتنمية<br>ترجمة . محمد كامل عارف<br>مراجعة : علي حسين حجاج | أكتوبر ١٩٨٩ |
| ١٤٣ ـ الريف في الرواية العربية | تأليف . د/ محمد حسن عبدالله | نوفمبر ١٩٨٩ |
| ١٤٤ ـ الإبداع العام والخاص | تأليف : الكسندرو روشكا<br>ترجمة : د/ غسان عبدالحي أبو فخر | ديسمبر ١٩٨٩ |
| ١٤٥ ـ سيكولوجية اللغة والمرض العقلي | تأليف : د/ جمعة سيد يوسف | يناير ١٩٩٠ |
| ١٤٦ ـ حياة الوعي الفني (دراسات في تاريخ الصورة الفنية) | تأليف : غيورغي غانشف<br>ترجمة : د/ نوفل نيوف<br>مراجعة : د/ سعد مصلوح | فبراير ١٩٩٠ |
| ١٤٧ ـ الرأسمالية تجدد نفسها | تأليف : د/ فؤاد مُرسي | مارس ١٩٩٠ |

| العنوان | المؤلف / المترجم | التاريخ |
|---|---|---|
| ١٤٨ ـ علم الأحياء والأيديولوجيا والطبيعة البشرية | تأليف : ستيفن روز وآخرين<br>ترجمة . د/ مصطفى إبراهيم فهمي<br>مراجعة . د/ محمد عصفور | أبريل ١٩٩٠ |
| ١٤٩ ـ ماهية الحروب الصليبية | تأليف : د/ قاسم عبده قاسم | مايو ١٩٩٠ |
| ١٥٠ ـ حاجات الإنسان الأساسية في الوطن العربي «الجوانب البيئية والتكنولوجية والسياسية» | (برنامج الأمم المتحدة للبيئة)<br>ترجمة . عبد السلام رضوان | يونيو ١٩٩٠ |
| ١٥١ ـ تجارة المحيط الهندي في عصر السيادة الإسلامية | تأليف : د/ شوقي عبد القوي عثمان | يوليو ١٩٨٩ |
| ١٥٢ ـ التلوث مشكلة العصر | تأليف . د/ أحمد مدحت إسلام | أغسطس ١٩٩٠ |

**(ظهر هذا العدد في أغسطس ١٩٩٠، وانقطعت السلسلة بسبب العدوان العراقي الغاشم على دولة الكويت، ثم استؤنفت في شهر سبتمبر ١٩٩١ بالعدد ١٥٣)**

| العنوان | المؤلف / المترجم | التاريخ |
|---|---|---|
| ١٥٣ ـ الكويت والتنمية الثقافية العربية | تأليف د/ محمد حسن عبدالله | سبتمبر ١٩٩١ |
| ١٥٤ ـ النقطة المتحولة أربعون عاما في استكشاف المسرح | تأليف . بيتر بروك<br>ترجمة : فاروق عبدالقادر | أكتوبر ١٩٩١ |
| ١٥٥ ـ مؤثرات عربية وإسلامية في الادب الروسي | تأليف : د/ مكارم العمري | نوفمبر ١٩٩١ |
| ١٥٦ ـ الفصامي : كيف نفهمه ونساعده، دليل للأسرة والأصدقاء | تأليف . سيلفانو آرتي<br>ترجمة : د/ عاطف أحمد | ديسمبر ١٩٩١ |
| ١٥٧ ـ الاستشراق في الفن الرومانسي الفرنسي | تأليف : د/ زينات البيطار | يناير ١٩٩٢ |
| ١٥٨ ـ مستقبل النظام العربي بعد ازمة الخليج | تأليف : د/ محمد السيد سعيد | فبراير ١٩٩٢ |
| ١٥٩ ـ فكرة الزمان عبر التاريخ | ترجمة : فؤاد كامل عبدالعزيز<br>مراجعة . شوقي جلال | مارس ١٩٩٢ |
| ١٦٠ ـ ارتقاء القيم (دراسة نفسية) | تأليف . د/ عبداللطيف محمد خليفة | أبريل ١٩٩٢ |
| ١٦١ ـ أمراض الفقر ( المشكلات الصحية في العالم الثالث ) | تأليف . د/ فيليب عطية | مايو ١٩٩٢ |
| ١٦٢ ـ القومية في موسيقا القرن العشرين | تأليف . د/ سمحة الخولي | يونيو ١٩٩٢ |
| ١٦٣ ـ أسرار النوم | تأليف : الكسندر بوربلي<br>ترجمة . د/ أحمد عبدالعزيز سلامة | يوليو ١٩٩٢ |
| ١٦٤ ـ بلاغة الخطاب وعلم النص | تأليف : د/ صلاح فضل | أغسطس ١٩٩٢ |
| ١٦٥ ـ الفلسفة المعاصرة في أوربا | تأليف . إ.م. بوشنسكي<br>ترجمة . د/ عزت قرني | سبتمبر ١٩٩٢ |

| | | |
|---|---|---|
| ١٦٦ـ الأمومة . نمو العلاقات بين الطفل والأم | تأليف . د/ فايز قنطار | أكتوبر ١٩٩٢ |
| ١٦٧ـ تاريخ الدراسات العربية في فرنسا | تأليف د/ محمود المقداد | نوفمبر ١٩٩٢ |
| ١٦٨ ـ بنية الثورات العلمية | تأليف : توماس كون<br>ترجمة : شوقي جلال | ديسمبر ١٩٩٢ |
| ١٦٩ ـ تاريخ الكتاب (القسم الاول) | تأليف د/ الكسندر ستيبشيتش<br>ترجمة . د/ محمد م. الأرناؤوط | يناير ١٩٩٣ |
| ١٧٠ ـ تاريخ الكتاب (القسم الثاني) | تأليف : د/ الكسندر ستيبشيتش<br>ترجمة . د/ محمد م الأرناؤوط | فبراير ١٩٩٣ |
| ١٧١ ـ الأدب الأفريقي | تأليف : د/ علي شلش | مارس ١٩٩٣ |
| ١٧٢ ـ الذكاء الاصطناعي واقعه ومستقبله | تأليف : آلان بونيه<br>ترجمة : د/ علي صبري فرغلي | أبريل ١٩٩٣ |
| ١٧٣ ـ المعتقدات الدينية لدى الشعوب | أشرف على التحرير جفري بارندر<br>ترجمة : د/ إمام عبدالفتاح إمام<br>مراجعة : د/ عبدالغفار مكاوي | مايو ١٩٩٣ |
| ١٧٤ ـ الهندسة الوراثية والأخلاق | تأليف ناهدة البقصمي | يونيو ١٩٩٣ |
| ١٧٥ ـ سيكولوجية السعادة | تأليف : مايكل أرجايل<br>ترجمة : د/ فيصل عبدالقادر يونس<br>مراجعة . شوقي جلال | يوليو ١٩٩٣ |
| ١٧٦ ـ العبقرية والإبداع والقيادة | تأليف : دين كيث سايمنتن<br>ترجمة . د/ شاكر عبدالحميد<br>مراجعة د/ محمد عصفور | أغسطس ١٩٩٣ |
| ١٧٧ ـ المذاهب الأدبية والنقدية عند العرب والغربيين | تأليف . د/ شكري محمد عياد | سبتمبر ١٩٩٣ |
| ١٧٨ ـ الكون | تأليف : د/ كارل ساغان<br>ترجمة : نافع أيوب لبّس<br>مراجعة : محمد كامل عارف | أكتوبر ١٩٩٣ |
| ١٧٩ ـ الصداقة ( من منظور علم النفس ) | تأليف : د/ أسامة سعد أبو سريع | نوفمبر ١٩٩٣ |
| ١٨٠ ـ العلاج السلوكي للطفل أساليبه ونماذج من حالاته | تأليف : د/ عبد الستار إبراهيم<br>د/ عبدالعزيز الدخيل<br>د/ رضوى إبراهيم | ديسمبر ١٩٩٣ |

| | | |
|---|---|---|
| ١٨١ ـ الأدب الالماني في نصف قرن | تأليف : د/ عبدالرحمن بدوي | يـنـايـر ١٩٩٤ |
| ١٨٢ ـ الشفاهية والكتابية | تأليف: والتر ج. أونج<br>ترجمة : د. حسن البنا عزالدين<br>مراجعة . د. محمد عصفور | فبرايـر ١٩٩٤ |
| ١٨٣ ـ الطاغية | تأليف : د. إمام عبدالفتاح إمام | مـارس ١٩٩٤ |
| ١٨٤ ـ العرب وعصر المعلومات | تأليف : د. نبيل علي | أبـريل ١٩٩٤ |
| ١٨٥ ـ عندما تغير العالم | تأليف · جيمس بيرك<br>ترجمة : ليلى الجبالي<br>مراجعة : شوقي جلال | مـايـو ١٩٩٤ |
| ١٨٦ ـ القوى الدينية في إسرائيل | تأليف : د رشاد عبدالله الشامي | يـونيـو ١٩٩٤ |
| ١٨٧ ـ آلاف السنين من الطاقة | تأليف : فلاديمير كارتسيف<br>بيوتر كازانوفسكي<br>ترجمة : محمد غياث الزيات | يـوليـو ١٩٩٤ |
| ١٨٨ ـ الاتجاه القومي في الرواية | تأليف . د. مصطفى عبد الغني | أغسطس ١٩٩٤ |
| ١٨٩ ـ عودة الوفاق بين الإنسان والطبيعة | تأليف : جان ـ ماري بيلت<br>ترجمة : السيد محمد عثمان | ستمبر ١٩٩٤ |
| ١٩٠ ـ مقدمة في علم التفاوض السياسي والاجتماعي | تأليف : د حسن محمد وجيه | أكتـوبـر ١٩٩٤ |



# سلسلة عالم المعرفة

عالم المعرفة سلسلة كتب ثقافية تصدر في مطلع كل شهر ميلادي عن المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب ـ دولة الكويت ـ وقد صدر العدد الأول منها في شهر يناير عام ١٩٧٨ .

تهدف هذه السلسلة إلى تزويد القارىء بمادة جيدة من الثقافة تغطي جميع فروع المعرفة، وكذلك ربطه بأحدث التيارات الفكرية والثقافية المعاصرة. ومن الموضوعات التي تعالجها تأليفاً وترجمة :

١ ـ الدراسات الإنسانية : تاريخ ـ فلسفة ـ أدب الرحلات ـ الدراسات الحضارية ـ تاريخ الافكار.

٢ ـ العلوم الاجتماعية : اجتماع ـ اقتصاد ـ سياسة ـ علم نفس ـ جغرافيا ـ تخطيط ـ دراسات استراتيجية ـ مستقبليات .

٣ ـ الدراسات الأدبية واللغوية : الأدب العربي ـ الآداب العالمية ـ علم اللغة .

٤ ـ الدراسات الفنية: علم الجمال وفلسفة الفن ـ المسرح ـ الموسيقا ـ الفنون التشكيلية والفنون الشعبية .

٥ ـ الدراسات العلمية : تاريخ العلم وفلسفته ، تبسيط العلوم الطبيعية (فيزياء، كيمياء، علم الحياة، فلك) ـ الرياضيات التطبيقية (مع الاهتمام بالجوانب الإنسانية لهذه العلوم) والدراسات التكنولوجية . أما بالنسبة لنشر الأعمال الإبداعية ـ المترجمة أو المؤلفة ـ من شعر وقصة ومسرحية، وكذلك الأعمال المتعلقة بشخصية واحدة بعينها فهذا أمر غير وارد في الوقت الحالي .

وتحرص سلسلة عالم المعرفة على ان تكون الأعمال المترجمة حديثة النشر.

وترحب السلسلة باقتراحات التأليف والترجمة المقدمة من المتخصصين، على أن تكون مصحوبة بنبذة وافية عن الكتاب وموضوعاته وأهميته ومدى جدته، وفي حالة الترجمة ترسل صفحة الغلاف والمحتويات، كما ترفق مذكرة بالفكرة العامة للكتاب. وفي جميع الحالات ينبغي إرفاق سيرة ذاتية لمقترح الكتاب تتضمن البيانات الرئيسية عن نشاطه العلمي السابق.

وفي حال الموافقة والتعاقد على الموضوع ـ المؤلف أو المترجم ـ تصرف مكافأة للمؤلف مقدارها ألف دينار كويتي، وللمترجم مكافأة بمعدل خمسة عشر فلسا عن الكلمة الواحدة في النص الأجنبي أو تسعمائة دينار أيهما أكثر ( وبحد أقصى مقداره ألف ومائتا دينار كويتي )، بالإضافة إلى مائة وخمسين دينارا كويتياً مقابل تقديم المخطوطة ـ المؤلفة و المترجمة ـ من نسختين مطبوعتين على الآلة الكاتبة.

## الاشتراك السنوي : وهو مقصور على الفئات التالية :

| | | |
|---|---|---|
| ● المؤسسات والهيئات داخل الكويت | ١٠ | دنانير كويتية |
| ● المؤسسات والهيئات في الوطن العربي | ١٢ | ديناراً كويتيا |
| ● المؤسسات والهيئات خارج الوطن العربي | ٨٠ | دولارا أمريكيا |
| ● الأفراد خارج الوطن العربي | ٤٠ | دولارا أميركيا |

## الاشتراكات :

ترسل باسم الأمين العام للمجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب

ص . ب : ٢٣٩٩٦ الصفاة/ الكويت ـ 13100

برقيا : ثقف ـ تلكس : ٤٤٥٥٤ TLX. NO. 44554 NCCAL

فاكسميلي : ٤٨٧٣٦٩٤

طبع من هذا الكتاب أربعون ألف نسخة

مطابع السياسة - الكويت